

製錬所周辺における大気中の重金属汚染実態について

吉田 昇 井島 辰也 片岡 実
 小玉 幹生 進藤 政勝¹⁾ 真壁江田男¹⁾
 富樫 浩二²⁾ 大畑 博正³⁾

1 はじめに

本県は金属鉱物資源に恵まれた全国でも有数の鉱山県であり、これに伴う非鉄金属製錬の歴史は古く、鹿角郡小坂地区及び山本郡八森地区では、明治から大正にかけ銅製錬の操業が開始されている。

本県では現在表一1の4地区で銅、亜鉛等の製錬が行われているが、一部地区ではかつて排ガスの処理設備等の不備から局所的とはいえ亜硫酸ガス、粉じんによる農作物、家屋等の被害をはじめ粉じんの土壌蓄積による鉱害問題が発生し、重金属による水質汚濁問題ともあわせ煙害の解消が大きな課題となっていた。

これら製錬所周辺地区における大気中の重金属汚染の実態については、昭和45年11月及び12月に秋田市茨島地区及び鹿角郡小坂地区において初めてカドミウムによる環境汚染の実態把握を目的とした厚生省の委託調査が実施され、その後、48年には山本郡八森地区及び秋田市飯島地区において調査が開始され、これらを契機に毎年各製錬所周辺において調査が継続されている。

これらの調査結果については毎年業務報告として年報にその概要を記載しているが、本報文はこれまでの調査の一つのくぎりとして、また今後の調査及び環境対策実施等に当たっての基礎資料とする意味から、過去5カ年の調査結果についてとりまとめたものである。

表一1 県内非鉄金属製錬所の概要

地区名	製錬所名	所在地	敷地面積	製錬開始年	現設備能力
1 鹿角郡小坂	同和鉱業(株) 小坂製錬所	小坂町小坂鉱山字 尾樽部94	1,984,278 ^{m²}	明治30年	電気銅 4,100t/月 電気鉛 2,500t/月 その他
2 山本郡八森	日本海金属(株) 発盛製錬所	八森町字中浜136	162,723	大正4年	3号硬(故)鉛850t/月
3 秋田市飯島	秋田製錬(株) 飯島製錬所	秋田市飯島字古道 下川端217の9	386,000	昭和47年	電気亜鉛 13,000t/月 電気カドミウム52t/月 その他
4 秋田市茨島	三菱金属鉱業(株) 秋田製錬所	秋田市茨島3丁目 1の18	210,000	昭和28年	電気亜鉛 7,500t/月 電気カドミウム30t/月 その他

2 調査方法

(1) 調査時期及び調査回数

各地区での調査時期は年度により多少異なり、小坂、八森地区については6～10月に、また

1) 現在秋田県環境保全課 2) 現在秋田県横手保健所 3) 現在秋田県環境衛生課

(鹿角郡小坂地区)

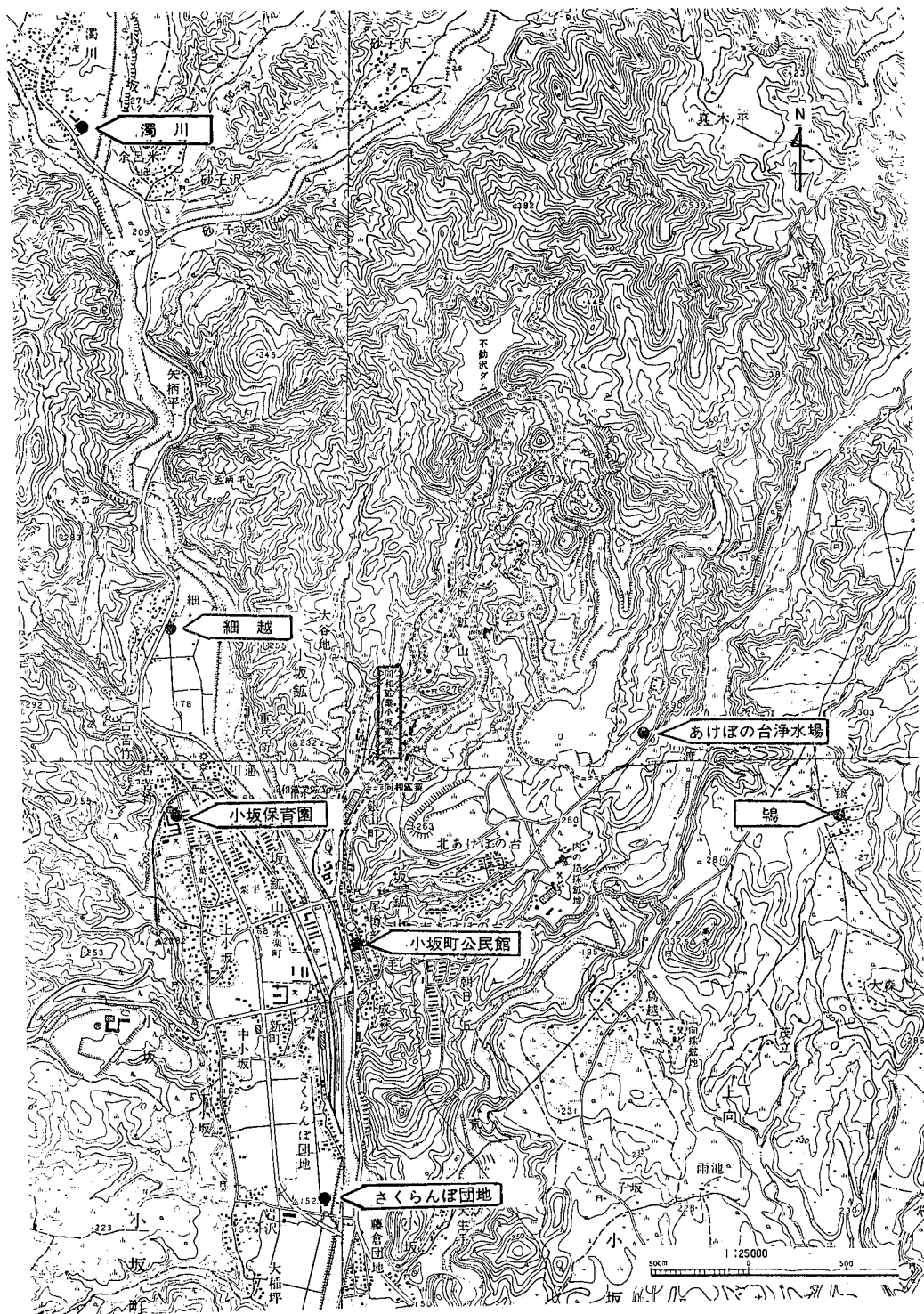
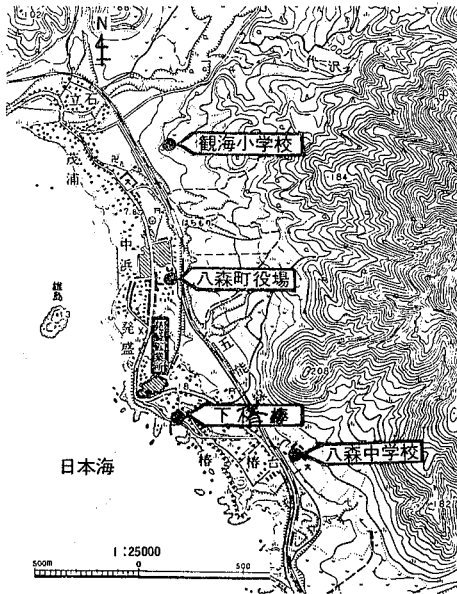


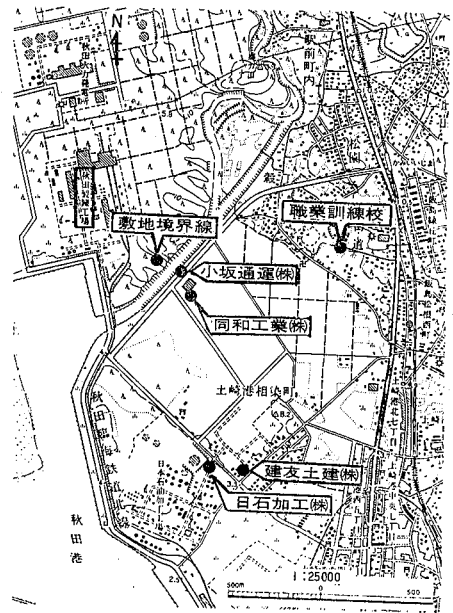
図-1 調査地点 (a)

(山本郡八森地区)



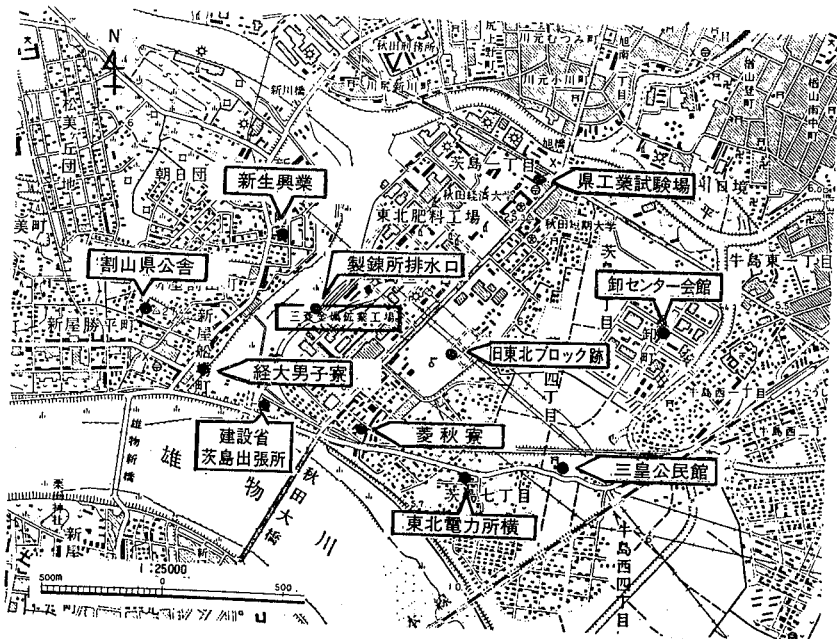
(b)

(秋田市飯島地区)



(c)

(秋田市茨島地区)



(d)

飯島、茨島地区は1～4月にそれぞれ連続1週間の調査を年1回（但し、小坂地区の54、55年度調査は年2回）実施した。

(2) 調査地点

地区別の調査地点は図一1(a)～(d)のとおりである。

(3) 試料採取方法

ハイポリウムエアサンプラー(紀本電子製)に石英繊維ろ紙パールフレックステッシュ 2,500 Q A S T を装着し、約24時間連続で約2,000 m^3 の大気を吸引し粉じんを捕集した。

(4) 分析方法

重金属成分(Cu、Pb、Zn、Cd、Fe、Mn、Ni)の分析は、試料採取後のろ紙を湿度50%の恒湿槽に48時間以上放置し秤量を行った後、ろ紙の22%を細切、塩酸・過酸化水素水で還流分解後希硝酸で定容し、直接原子吸光法により測定した。

3 調査地区の概要

(1) 鹿角郡小坂地区

県の北東端に位置する当地区は町の中央部を小坂川が南北に横切り、その左右が400 m 前後の山並でかこまれたV字状の地形をしめしている。

このため、気象条件によっては山間地特有の地形性逆転層が形成されやすく、これまでの調査でもSO₂等の高濃度出現がしばしばみられる。

同地区では明治30年から黒鉱の乾式製錬の操業が開始されたが、昭和27年に銅、亜鉛湿式製錬へ移行し、35年には新たに鉛製錬が開始された。また46年には湿式亜鉛製錬部門が後述の秋田市飯島地区に転じ、その後56年2月には鉛製錬の規模拡大が行われ、現在、電気銅、電気鉛をはじめ電気金、電気銀などの生産が行われている。

(2) 山本郡八森地区

本地区は県の北西端に位置し、西側は日本海に面し、住居等は東側の山を背に海岸沿に集積している。同地区の南部から隣接する峰浜村にかけての海岸砂丘地帯の内側では天然ガスが産出されており、八森町営によるガス供給事業も行われている。

同地区では大正4年から銅製錬の操業が開始され、その後幾多の製錬方式等の変更をくりかえし、昭和44年にニッケル製錬に転換、さらに同47年には鉛製錬へ移行し、現在は鉛さい及び中古バッテリーを原料としてバッテリー用、3号硬(故)鉛の生産を行っている。

(3) 秋田市飯島地区

本地区は重要港湾秋田港を擁する秋田市北部に位置し、昭和40年の秋田湾地区新産業都市建設計画区域指定後、火力発電所や亜鉛製錬所等大型企業進出により新しい工業開発の拠点として産業、生活基盤の整備が進められている。

当地区への亜鉛製錬所進出は小坂地区小坂鉱業所における湿式亜鉛製錬部門移転によるもの

で、昭和47年秋から我が国初の湿式オートクレーブによる亜鉛残渣処理方式を導入した大型臨海製錬所方式による電気亜鉛及び電気カドミウムの生産を目的として本格的な操業が行われている。

(4) 秋田市茨島地区

本地区は秋田市の南部に位置し、旧雄物川と国道にかこまれた既存の工業地帯で、工場周辺には学校、商店、住居等が混在している。

当地区では現在、亜鉛製錬所、肥料工場、石膏ボード工場等が稼働しているが、かつてはこれらの工場群から排出されるSO₂や粉じんなどにより植物や家屋等への影響がみられた。同地区での亜鉛製錬所の操業開始は昭和28年で、現在、電気亜鉛、カドミウム及びマック（ダイカスト用亜鉛合金）の生産が行われている。

4 調査結果及び考察

(1) 鹿角郡小坂地区

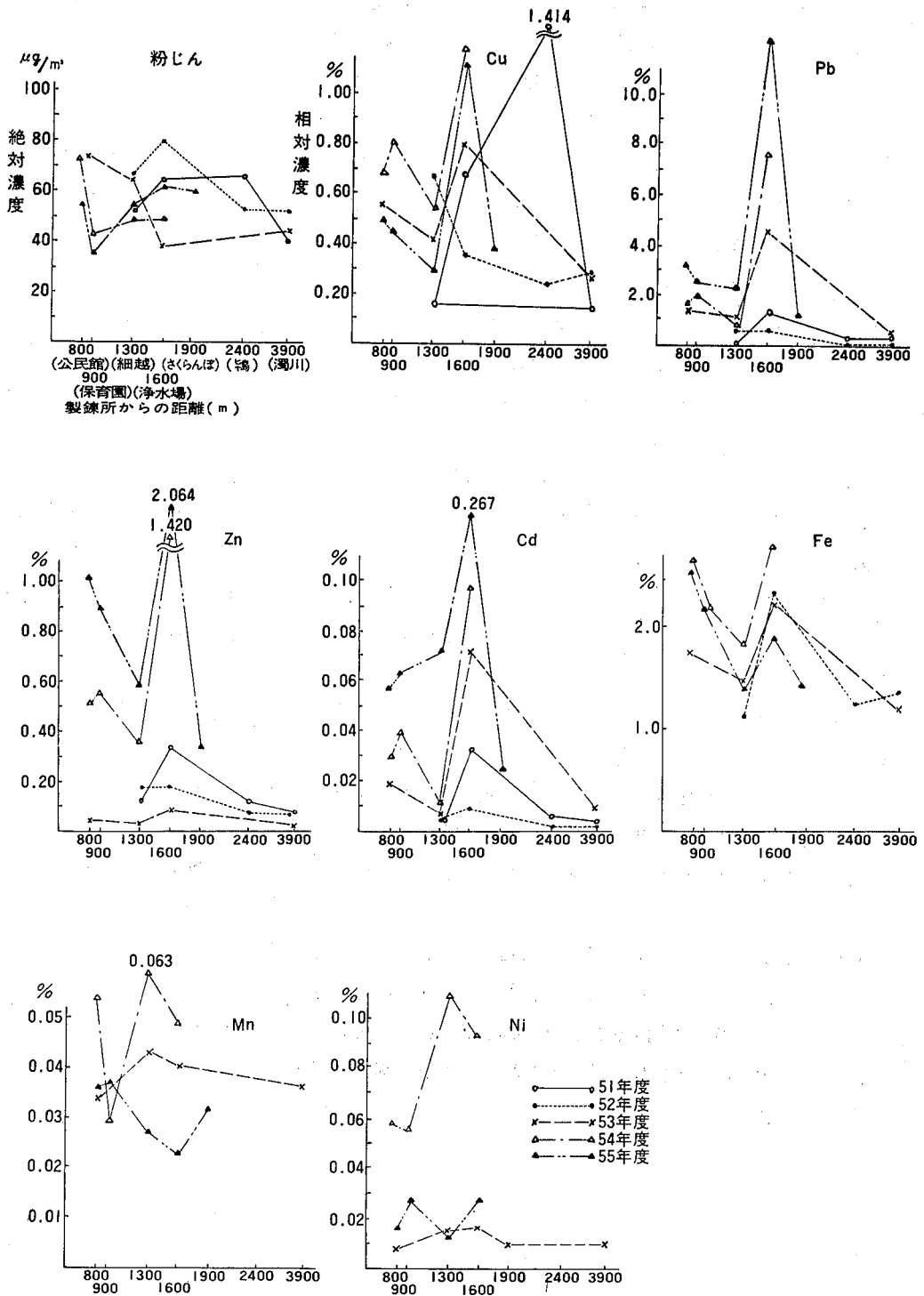
表一 2は昭和51年度からの過去5カ年間について、粉じん、重金属成分濃度の期間平均値及び最高値を示したもので、図一 2は製錬所煙源からの各調査地点における成分別相対濃度（各成分濃度の粉じん濃度に対する割合）の年度推移を表わしたものである。

表一 2 小坂地区地点別粉じん成分調査結果（期間平均値）

($\mu g/m^3$)

調査地点	調査年度	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni
小坂町 公民館	53 ～ 55	67 (135)	0.383 (0.819)	1.646 (10.06)	0.420 (2.926)	0.027 (0.218)	1.657 (3.502)	0.028 (0.075)	0.015 (0.080)
小坂保育園	54 ～ 55	39 (90)	0.224 (0.628)	0.965 (5.725)	0.250 (1.222)	0.021 (0.184)	0.896 (2.000)	0.013 (0.027)	0.014 (0.068)
細 越	51 ～ 55	55 (94)	0.223 (0.805)	0.717 (11.03)	0.188 (2.482)	0.016 (0.364)	0.847 (1.512)	0.022 (0.093)	0.023 (0.152)
あけぼの台 浄水場	51 ～ 55	61 (133)	0.494 (1.547)	3.983 (33.40)	0.720 (6.809)	0.089 (1.206)	1.602 (5.19)	0.020 (0.056)	0.021 (0.093)
さくらんぼ 団地	55	60 (108)	0.233 (0.515)	0.824 (3.111)	0.228 (0.664)	0.018 (0.080)	1.054 (2.394)	0.023 (0.054)	0.006 (0.012)
鶺	51 ～ 52	60 (95)	0.531 (1.792)	0.162 (0.354)	0.062 (0.137)	0.003 (0.006)	0.53 (0.79)		
濁 川	51 ～ 53	46 (83)	0.107 (0.205)	0.133 (0.35)	0.025 (0.059)	0.002 (0.007)	0.56 (1.31)	0.016 (0.020)	0.005 (0.005)

(注) ()内は調査期間中の最高値を表わす。



図一 2 小坂地区成分別相対濃度経年変化 (51~55年度期間平均)

粉じん濃度については地点により調査年度期間が異なるが、期間平均値では小坂保育園及び濁川が約 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ とやや低目で、その他はおおむね $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。

重金属成分のうちCu、Pb、Zn、Cd、Feについては絶対、相対濃度とも期間平均値、最高値いずれもあけぼの台浄水場が最も高く、同地点を除く6地点については期間平均で各成分とも鉱業所煙源を中心におおむね距離による濃度の減衰傾向がみられ、隣接地に対する鉱業所からの影響がうかがわれる。

あけぼの台浄水場での高濃度出現は各年度とも同じ傾向にあるが、このことは同浄水場が距離的には鉱業所から約1.6kmの位置にあるとはいえ、同地点がカラミ堆積跡地に位置し、また鉱滓沈殿池や内の岱鉱床採掘に係る尾樽部立坑の地下坑道排気口などに隣接していることから、これらの影響を大きくうけているものと考えられる。

またMn、Niについては地点間の濃度に大きな差がみられず、同成分の発生要因が前5成分のそれと異なることを示唆しているものと考えられる。

これらの重金属成分については環境基準が未設定のため、人の健康影響面からみた環境の質的評価はできないが、労働衛生基準の1/100 (Cu $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、Pb $1\sim 3\mu\text{g}/\text{m}^3$ (中公審の答申値)、Zn $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、Cd $0.88\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、Fe $100\mu\text{g}/\text{m}^3$)を一応の目安にすると、同地区では特に鉛濃度が全般的に高い傾向にあり、最高値を見ても遠距離地点の濁川を除く5地点ではいずれも答申値を上回っており、鉛成分から見る限りでは必ずしも鉱業所周辺地区が好ましい環境条件下にあるとはいえない。

51年度からの経年変化については、粉じん濃度は各地点ともおおむね $50\sim 60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後で推移しているのに対し、重金属類については成分により多少傾向が異なるが、Pb、Zn、Cdの3成分は51、52年度をベースに漸増する傾向にあり、今後、鉱業所の操業状況等ともあわせこれらの変化を注意深く監視する必要があると思われる。

表一3は鴉、濁川を除く5調査地点について、地点別に成分間の相関関係を求めたものである。

各地点ともCu—Pb—Zn—Cd間の相関が高く、また粉じん濃度と重金属成分間の相関ではあけぼの台浄水場がCu、Pb、Zn、Cd、Feと有意な相関が見られるのに対し、他の4地点ではいずれもFeと有意な相関関係にあり、あけぼの台が小坂鉱山の直接的影響をうけているのに対し、他の4地点はFe含有の高い過去からの堆積土壌等の影響をうけていることを裏づけているものと考えられる。

表-3 小坂地区地点別成分間相関関係 (昭和53~55年度)

小坂町公民館 (n=24)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.513	0.200	0.178	0.145	0.815	0.482	-0.172	65.9	27.6
Cu			0.708	0.553	0.638	0.629	0.312	0.081	0.381	0.219
Pb				0.955	0.980	0.405	0.078	0.073	1.642	2.031
Zn					0.968	0.436	0.124	0.113	0.406	0.585
Cd						0.329	0.054	0.064	0.026	0.043
Fe							0.692	0.123	1.621	0.778
Mn								0.180	0.027	0.015
Ni									0.018	0.024

小坂保育園 (n=18)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.432	0.335	0.364	0.199	0.786	0.663	0.076	39.1	21.4
Cu			0.782	0.769	0.623	0.649	0.245	-0.134	0.227	0.176
Pb				0.990	0.955	0.560	0.029	-0.206	1.056	1.430
Zn					0.948	0.604	0.335	-0.171	0.267	0.293
Cd						0.432	0.210	-0.156	0.023	0.042
Fe							0.797	0.089	0.909	0.559
Mn								0.314	0.013	0.009
Ni									0.011	0.012

細越 (n=25)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.205	0.214	0.188	0.011	0.754	0.606	-0.211	54.0	19.2
Cu			0.764	0.726	0.529	0.447	0.243	0.179	0.216	0.154
Pb				0.981	0.991	0.340	-0.028	-0.104	0.918	2.118
Zn					0.984	0.342	-0.004	-0.027	0.232	0.483
Cd						0.292	-0.032	-0.085	0.021	0.070
Fe							0.441	0.278	0.855	0.344
Mn								0.864	0.022	0.019
Ni									0.023	0.035

あけほの台浄水場 (n=25)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.658	0.674	0.676	0.658	0.857	0.437	-0.108	55.8	28.8
Cu			0.783	0.820	0.688	0.733	0.275	0.067	0.569	0.399
Pb				0.651	0.975	0.524	0.120	-0.103	5.336	6.577
Zn					0.955	0.548	0.160	-0.002	0.941	1.476
Cd						0.407	0.087	-0.087	0.119	0.234
Fe							0.716	0.139	1.374	0.815
Mn								0.578	0.020	0.014
Ni									0.021	0.025

さくらんぼ団地 (n=10)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.767	0.349	0.298	0.244	0.948	0.749	0.487	50.8	25.4
Cu			0.970	0.970	0.920	0.584	0.248	0.535	0.233	0.163
Pb				0.935	0.968	0.548	0.674	0.095	0.824	1.116
Zn					0.957	0.758	0.746	0.434	0.228	0.226
Cd						0.578	0.634	0.263	0.018	0.025
Fe							0.874	0.600	1.054	0.786
Mn								0.320	0.022	0.017
Ni									0.005	0.003

(2) 山本郡八森地区

同地区での粉じん、重金属成分の地点別濃度及び経年変化は表—4及び図—3のとおりである。

地点別の粉じん濃度は過去5カ年の期間平均でおおむね40~65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、レベル的には小坂地区と大差はなく、製錬所の直下に位置する下椿での67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を最高に製錬所煙源からの距離別減衰傾向が明瞭にあらわれている。

重金属成分については地点別絶対濃度の5カ年平均値をみるかぎりでは、Pb、Zn、Cdの3成分に粉じん濃度と同様、下椿をピークとする距離減衰がみられるが、年度別相対濃度では年度により地点間に多少の増減がみられ、絶対濃度ほどその傾向は顕著ではない。

Cuについては鉱業所から最も遠い観海小学校で下椿を上回る値が検出されているが、原因が明らかでないため、今後さらに検討を加える必要がある。

なお、Fe、Mn、Niについてはいずれも地点間の濃度にほとんど差はみられない。

重金属成分の濃度レベルについては各成分とも小坂鉱業所周辺地区に比較し、期間平均値、最高値ともやや低目の傾向にあるが、鉛濃度については小坂地区と同様、全般的に高く、観海小学校以外の他の3地点では最高値がいずれも3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ をこえており、今後の環境監視にあたり特に留意すべき点と考えられる。

各調査地点の成分間の相関関係については表—5のとおり、特にPb—Cd間の相関関係が高く、また地点間の相関においても製錬所からほぼ同軸上にある八森町役場—観海小学校、下椿—八森中学校間で相関が高くなる傾向がCd、Pb及びZnに顕著にあらわれており、これらの地点に対する製錬所からの影響が推察される。

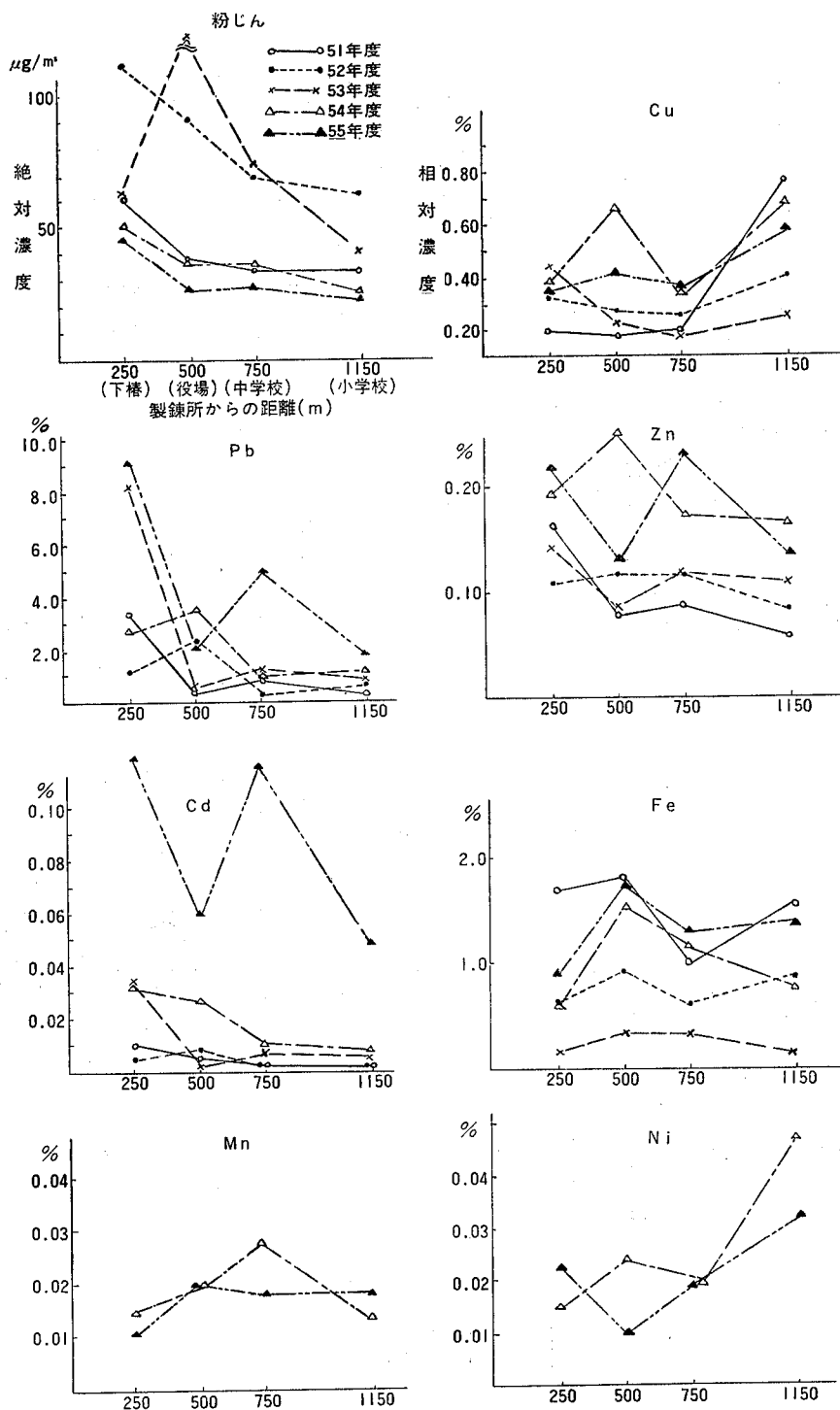
また観海小学校を除く他の3地点についてはNi—Cu、Cd間に有意な相関がみられるが、Niについては前述のとおり絶対、相対濃度とも地点間にほとんど差がなく、これらの相関が製錬所に係わりあいがあるとはいいたい面もある。

なお、51年度からの経年変化については、粉じん濃度は各地点とも減少する傾向にあるが、Cu、Pb、Zn、Cdの4成分については地点により年度間の傾向が多少異なるものの、小坂地区と同様、全般的に漸増の傾向がみられる。

表—4 八森地区地点別粉じん成分調査結果(期間平均値) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

調査地点	調査年度	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni
下 椿	51 ~ 55	67 (165)	0.150 (0.358)	2.749 (18.84)	0.100 (0.273)	0.030 (0.243)	0.503 (1.58)	0.006 (0.009)	0.009 (0.028)
八森町役場	51 ~ 55	65 (155)	0.133 (0.303)	1.028 (6.897)	0.077 (0.248)	0.009 (0.048)	0.604 (1.359)	0.006 (0.013)	0.007 (0.026)
八森中学校	51 ~ 55	49 (112)	0.077 (0.173)	0.678 (3.809)	0.066 (0.181)	0.010 (0.083)	0.366 (1.132)	0.008 (0.016)	0.009 (0.028)
観海小学校	51 ~ 55	37 (94)	0.148 (0.320)	0.322 (1.075)	0.038 (0.104)	0.004 (0.026)	0.317 (0.953)	0.004 (0.009)	0.008 (0.017)

(注) ()内は調査期間中の最高値を表わす。



図一三 八森地区成分別相対濃度経年変化 (51~55年度期間平均)

表—5 八森地区地点別成分間相関関係（昭和54、55年度 n=10）

下 椿

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.019	-0.213	-0.106	-0.174	0.001	0.578	-0.129	48.4	14.0
Cu			0.488	0.579	0.749	0.582	-0.085	0.774	0.102	0.024
Pb				0.671	0.845	0.662	-0.577	0.394	2.611	2.264
Zn					0.619	0.329	-0.236	0.512	0.094	0.052
Cd						0.562	-0.482	0.750	0.059	0.072
Fe							-0.084	0.263	0.344	0.107
Mn								-0.017	0.006	0.002
Ni									0.008	0.003

八森町役場

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.523	0.632	0.714	0.391	0.311	0.404	0.511	32.9	9.37
Cu			-0.038	0.567	-0.372	0.132	-0.031	0.700	0.148	0.084
Pb				0.590	0.464	-0.160	0.552	0.133	1.056	0.955
Zn					0.071	0.010	0.499	0.849	0.069	0.047
Cd						-0.055	0.166	-0.226	0.015	0.016
Fe							0.270	0.029	0.524	0.334
Mn								0.094	0.006	0.003
Ni									0.006	0.007

八森中学校

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.407	-0.040	0.331	-0.179	0.648	0.821	-0.014	32.7	7.87
Cu			0.204	0.214	0.316	0.366	0.341	0.519	0.084	0.033
Pb				0.309	0.794	-0.111	-0.542	0.477	0.952	1.113
Zn					0.426	-0.025	0.086	-0.092	0.066	0.029
Cd						-0.188	-0.582	0.819	0.022	0.027
Fe							0.677	0.008	0.418	0.268
Mn								-0.220	0.008	0.004
Ni									0.009	0.007

観海小学校

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.496	0.369	0.710	-0.020	0.135	0.386	-0.315	23.7	7.18
Cu			-0.344	0.471	-0.652	-0.144	0.296	0.169	0.121	0.032
Pb				0.171	0.879	0.514	0.464	-0.185	0.365	0.267
Zn					-0.013	0.174	0.483	0.117	0.037	0.020
Cd						0.692	0.495	-0.062	0.007	0.009
Fe							0.843	0.147	0.230	0.130
Mn								0.270	0.004	0.002
Ni									0.008	0.005

(3) 秋田市飯島地区

同地区は地区概要でも述べたとおり、秋田湾地区新産業都市建設計画区域の指定を契機として昭和45年頃から火力発電所等の大型企業が進出し、新しい工業地帯として発展してきている地区で、工場周辺はクロマツ保安林に囲まれるなど秋田市の既存工業地帯に比べ良好な環境条件にあるといえる。また企業に対する公害規制の面でも、火力発電所や製錬所等の立地にあっては、公害の未然防止の観点から公害防止協定の締結により亜硫酸ガスや重金属類等の排出に関し厳しい規制措置がとられている。

表一7及び図一4は51年度からの過去5か年間について、粉じん、重金属成分の地点別濃度及び経年変化をとりまとめたものである。

同地区での調査は各年度とも1～3月の冬期間の調査であり、その大半は積雪により地表がマスクングされた状況下であり、地面からの土砂等の舞上りによる影響はきわめて少ないものと考えられる。

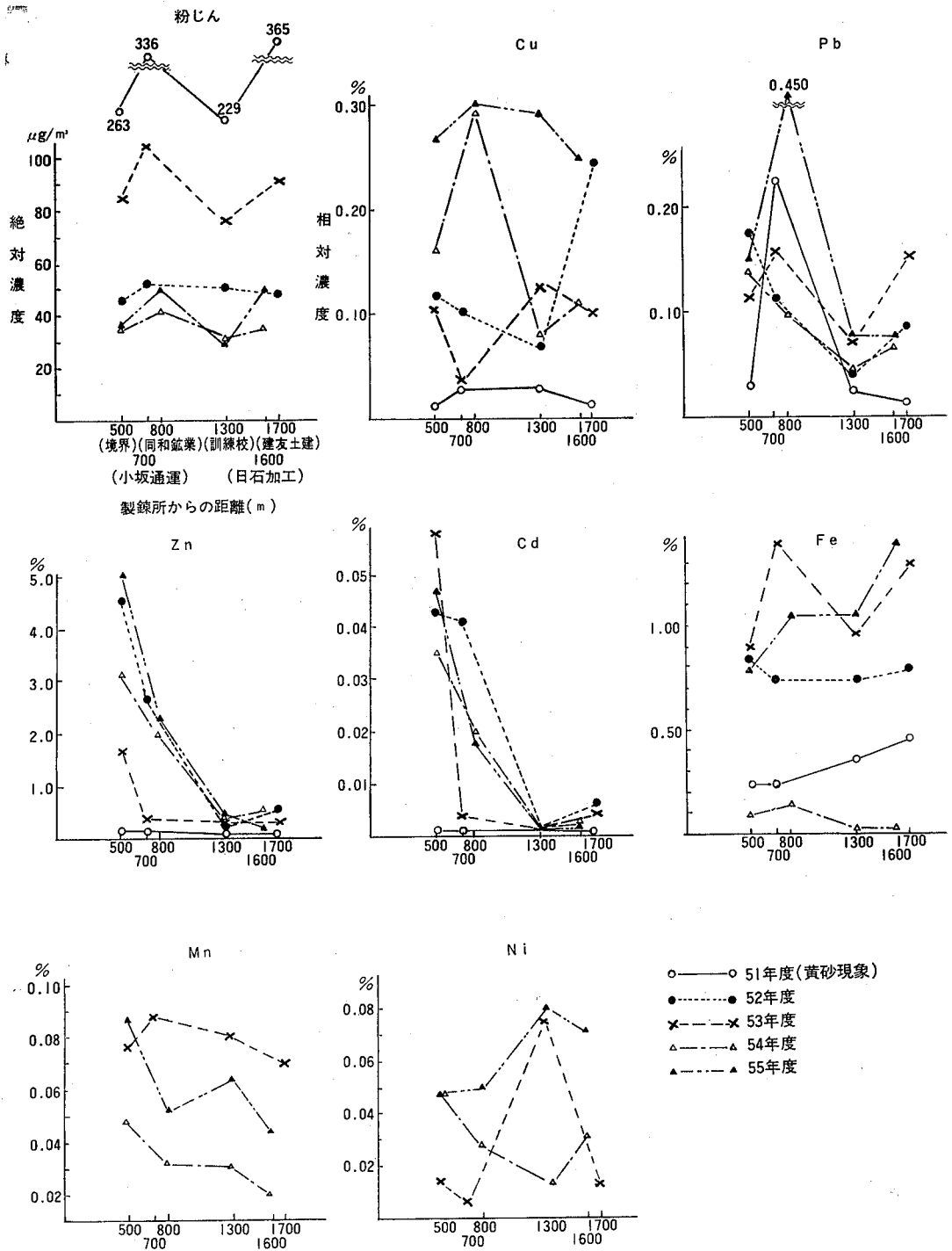
粉じん濃度については54年度からの調査地点である同和鉱業及び日本石油加工では期間平均 $45\mu g/m^3$ と低いが、他の地点は期間平均 $83\sim 168\mu g/m^3$ 、期間最高値 $366\sim 601\mu g/m^3$ ときわめて高い値を示している。これは51年度調査時(52年3月)の期間中、中国大陸からの黄砂現象にみまわれたためで、同年度の測定値を除くと製錬所敷地境界及び職業訓練校では $50\mu g/m^3$ 前後、小坂通運、建友土建はやや高目の $75\mu g/m^3$ 前後となっている。

重金属成分については51年度の黄砂現象時にFe濃度がわずかに高い傾向はみられるが、他の成分については他年度と大差はなく、同現象による特異値はみられない。

レベル的には八森地区に比較しCu、Pb、Cdの3成分についてはPbが約1/10と低く、Cu、Cdは約2/3程度である。これに対しZn、Mn、Niについては八森地区よりいずれも高く、特にZnは約9倍(对小坂地区では約1.5倍)の高濃度をしめし、Mn及びNiについても約2～5倍の値となっている。

また製錬所と各調査地点における重金属成分濃度との関連については図一4からわかるとおり、特に同製錬所の操業と深い係わりあいをもつZn、Cdの両成分に各年度とも製錬所敷地境界線をピークとする相対濃度の顕著な距離減衰傾向がみられ、また表一6の地点別成分間の相関関係においてもPb—Zn—Cd間に有意な相関関係があり、さらには八森、小坂地区に比較しZn濃度がきわめて高いことから前両地区と同様隣接地域に対する製錬所からの影響が推察される。

同製錬所からの重金属成分の発生要因については、冬期調査のため製錬所周辺及び構内の地表面からの土砂等の舞上りは少ないものと考えられ、またばい煙の特定施設に係る排ガス出口についても、これまでの調査ではPb、Cdに関しては皆無に等しいことなどから、これ以外の他の発生源や工場建屋あるいは原鉱石、残渣運搬作業等に伴う粉じん飛散などが考えられるが、この点に関しては今後環境調査とあわせた詳細な実態調査の実施が必要と思われる。



図一 4 飯島地区成分別相対濃度経年変化 (51~55年度期間平均)

表一六 飯島地区地点別成分間相関関係 (昭和53~55年度)

製錬所敷地境界 (n = 14)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.338		0.273	0.627	0.767	0.927	0.007	49.5	25.0
Cu			-0.189	-0.223	0.651	0.487	0.432	0.481	0.075	0.032
Pb				0.435	0.733	0.691	0.640	0.121	0.064	0.032
Zn					0.759	0.030	0.327	0.361	1.438	0.780
Cd						0.288	0.546	0.506	0.024	0.042
Fe							0.806	-0.169	0.326	0.303
Mn								0.093	0.031	0.019
Ni									0.013	0.013

同和鉱業(株)秋田工場 (n = 10)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.511	0.158	0.521	0.263	0.593	0.718	0.062	45.7	10.3
Cu			0.298	0.754	0.252	0.258	0.661	0.090	0.134	0.038
Pb				0.574	0.061	0.561	0.376	0.590	0.127	0.171
Zn					0.627	0.442	0.663	-0.005	0.980	0.300
Cd						-0.089	0.089	-0.485	0.008	0.003
Fe							0.831	0.635	0.288	0.272
Mn								0.595	0.016	0.008
Ni									0.017	0.010

秋田専修職業訓練校 (n = 15)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.451	0.617	0.381	0.292	0.685	0.911	0.432	45.9	23.6
Cu			0.233	0.136	-0.168	0.807	0.483	0.712	0.066	0.038
Pb				0.618	0.490	0.130	0.807	0.400	0.030	0.028
Zn					0.659	0.008	0.341	0.301	0.157	0.116
Cd						-0.124	-0.065	-0.071	0.001	0.001
Fe							0.606	0.686	0.348	0.421
Mn								0.517	0.025	0.023
Ni									0.027	0.042

日本石油加工(株) (n = 10)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		0.579	0.025	-0.287	-0.121	0.763	0.784	-0.758	43.1	10.9
Cu			0.326	-0.151	-0.005	0.851	0.765	0.678	0.078	0.041
Pb				0.507	0.622	0.245	0.219	0.799	0.030	0.021
Zn					0.910	-0.228	0.004	0.183	0.147	0.125
Cd						-0.130	0.128	0.432	0.001	0.001
Fe							0.930	0.428	0.368	0.439
Mn								0.382	0.011	0.010
Ni									0.023	0.016

表一七 飯島地区地点別粉じん成分調査結果 (期間平均値)

 $(\mu g/m^3)$

調査地点	調査年度	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni
製錬所敷地境界	51 ~ 55	93 (411)	0.068 (0.156)	0.071 (0.195)	1.345 (3.502)	0.022 (0.175)	0.415 (1.00)	0.032 (0.070)	0.013 (0.039)
小坂通運株式会社	51 ~ 53	164 (520)	0.064 (0.189)	0.326 (2.888)	0.713 (1.998)	0.009 (0.049)	0.89 (1.93)	0.081 (0.102)	0.006 (0.009)
同和鉱業秋田工場	54 ~ 55	46 (65)	0.134 (0.209)	0.127 (0.540)	0.980 (1.472)	0.009 (0.012)	0.288 (0.767)	0.017 (0.028)	0.017 (0.036)
職業訓練校	51 ~ 55	83 (366)	0.059 (0.164)	0.033 (0.119)	0.150 (0.451)	0.001 (0.003)	0.448 (1.51)	0.025 (0.080)	0.023 (0.163)
日本石油加工(株)	54 ~ 55	43 (64)	0.079 (0.131)	0.030 (0.084)	0.147 (0.489)	0.001 (0.006)	0.369 (1.393)	0.011 (0.035)	0.027 (0.054)
建友 土 建	51 ~ 53	168 (601)	0.086 (0.172)	0.077 (0.391)	0.269 (0.430)	0.003 (0.009)	1.08 (4.45)	0.054 (0.076)	0.011 (0.015)

(注) ()内は調査期間中の最高値を表わす。

(4) 秋田市茨島地区

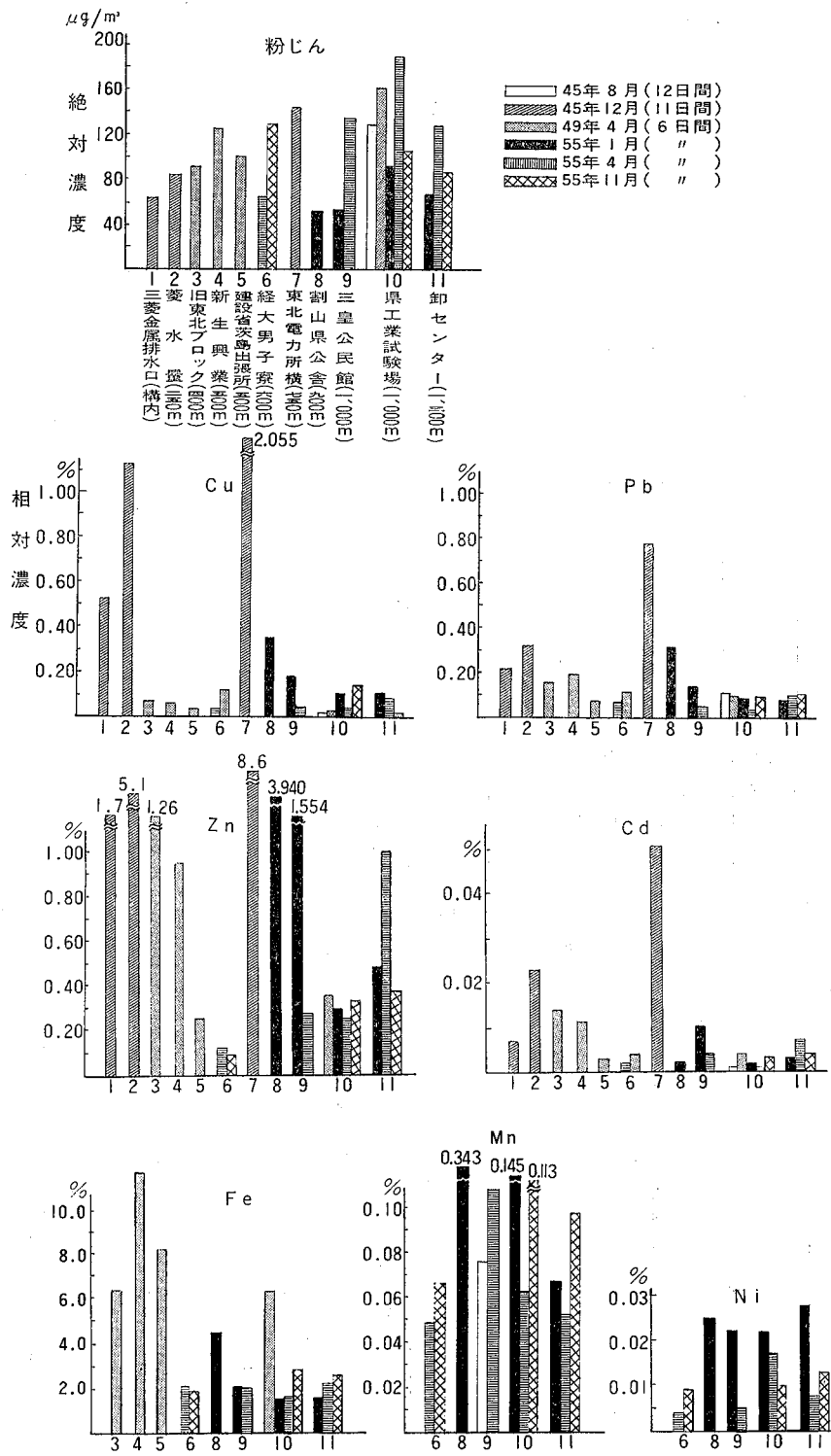
同地区での製錬所を対象とした環境粉じん調査は昭和45年12月(厚生省委託調査)に第1回調査が、また49年2月に第2回調査が実施されたが、その後調査が一時中断され、54年度から新たな地点で調査を再開したものである。

表一八、九は54年度以降の4調査地点における粉じん、重金属成分濃度調査結果及び地点別成分間相関関係を、また図一五は45年12月調査以降の全調査地点における成分別濃度推移をそれぞれ表わしたものである。

54年度以降の調査結果では、粉じん濃度については期間平均でおおむね $100\sim 130 \mu g/m^3$ 、最高値 $300 \mu g/m^3$ ときわめて高い値が測定されたが、これは飯島地区の51年度調査と同様55年4月調査時に中国大陸からの黄砂現象の影響を受けたためで、これらの特異値を除くと期間平均で県工業試験場が $99 \mu g/m^3$ とやや高く、他の3地点は $60\sim 70 \mu g/m^3$ 前後となっている。

県工業試験場での高濃度は同地点が交通量の多い国道7号線と13号線の交差点や石膏ボード、木材工場等粉じん関連工場に隣接していることによるものと考えられる。

重金属成分については黄砂現象時にFe濃度がいずれも高い傾向にあるが、これらの特異値を除外した同地区の重金属成分濃度はCu、Pb、Cd、Niについては飯島地区に比較しやや低いが、Fe、Mnは同地区の約2~4倍の値を示している。またZn濃度についてはCu、Pb等と同様飯島地区よりやや低目ではあるが小坂、八森地区に比較し高く、飯島地区と類似した特徴がみられる。



図一五 茨島地区成分別相対濃度推移 (45~55年度期間平均)

表一9 茨島地区地点別成分間相関関係 (昭和54、55年度)

秋田経大男子寮 (n=10)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		-0.072	0.164	-0.186	-0.027	0.993	0.941	0.760	99.1	67.2
Cu			0.419	0.677	0.209	-0.105	0.229	0.302	0.060	0.027
Pb				0.331	0.031	0.172	0.284	0.387	0.083	0.090
Zn					0.285	-0.250	0.045	0.272	0.418	0.431
Cd						-0.021	0.075	0.237	0.003	0.002
Fe							0.926	0.736	2.120	1.701
Mn								0.782	0.056	0.036
Ni									0.006	0.003

工業試験場 (n=15)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		-0.312	0.084	0.847	0.712	0.824	0.421	0.491	129.5	64.5
Cu			0.829	0.038	0.331	0.180	0.462	-0.664	0.085	0.053
Pb				0.473	0.651	0.503	0.659	-0.467	0.073	0.027
Zn					0.814	0.853	0.588	0.180	0.393	0.395
Cd						0.841	0.596	-0.424	0.002	0.001
Fe							0.645	0.834	2.645	1.566
Mn								-0.164	0.119	0.56
Ni									0.020	0.011

三皇公民館 (n=10)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		-0.173	-0.010	-0.131	-0.085	0.990	0.409	0.945	95.6	74.2
Cu			0.795	0.726	0.618	-0.065	-0.248	0.367	0.075	0.051
Pb				0.911	0.771	0.102	-0.376	-0.117	0.066	0.037
Zn					0.932	-0.030	-0.322	-0.256	0.661	0.910
Cd						0.010	-0.178	-0.275	0.005	0.006
Fe							0.398	0.115	2.133	1.936
Mn								-0.044	0.073	0.064
Ni									0.010	0.013

秋田卸センター (n=15)

	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	平均値	標準偏差
粉じん		-0.199	-0.043	0.133	-0.009	0.952	0.736	0.419	93.3	55.8
Cu			0.207	0.127	0.316	-0.216	-0.164	-0.245	0.044	0.037
Pb				-0.048	0.507	0.185	0.471	-0.348	0.071	0.038
Zn					0.429	0.157	0.186	-0.219	0.482	0.421
Cd						0.024	-0.085	-0.457	0.003	0.002
Fe							0.834	-0.030	2.006	1.353
Mn								-0.029	0.063	0.037
Ni									0.013	0.011

地点間の特徴としては県工業試験場でMn、Niが、また三皇公民館でZnがそれぞれ他地点に比較しやや高いことがあげられるが、距離別の濃度変化については各成分とも地点間の濃度傾向が一定しておらず、特に製錬所を中心とする濃度の距離減衰傾向はみられない。

しかし、製錬所からの影響面については同地区のZn濃度が比較的高く、また地点別の成分間の相関関係において、県工業試験場及び三皇公民館でCu—Pb—Zn—Cd間に高い相関関係がみられ、調査期間中の風向等の気象条件を考慮すると周辺地区に対する亜鉛製錬所からの寄与が十分考えられる。

各成分濃度の経年推移については調査年度のへだたりや年度による調査地点のちがひ、さらには粉じん採取紙の変更等もあり同一レベルでの比較はできないが、比較的データ数の多い県工業試験場での推移をみるかぎりでは、経年的にはそれほど大きな変化はないものと考えられる。

なお、今後の調査実施にあたっては、製錬所との関連性及び過去の調査データの推移などをより明確にする意味から、従来の近距離地点での調査も必要と思われる。

表一 8 茨島地区地点別粉じん成分調査結果（期間平均値）

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

調査地点	調査年度	粉じん	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni
秋田経大男子寮	55	100 (285)	0.060 (0.112)	0.083 (0.328)	0.418 (1.480)	0.003 (0.008)	2.120 (6.735)	0.056 (0.145)	0.006 (0.011)
県工業試験場	54 55	129 (337)	0.085 (0.185)	0.073 (0.111)	0.393 (1.832)	0.002 (0.006)	2.530 (7.288)	0.119 (0.233)	0.023 (0.040)
三皇公民館	54 55	96 (300)	0.075 (0.178)	0.066 (0.155)	0.661 (2.996)	0.006 (0.022)	2.134 (7.417)	0.073 (0.219)	0.010 (0.047)
御センター会館	54 55	93 (287)	0.044 (0.123)	0.071 (0.168)	0.482 (1.767)	0.003 (0.010)	2.066 (6.486)	0.063 (0.157)	0.014 (0.042)

(注) ()内は調査期間中の最高値を表わす。

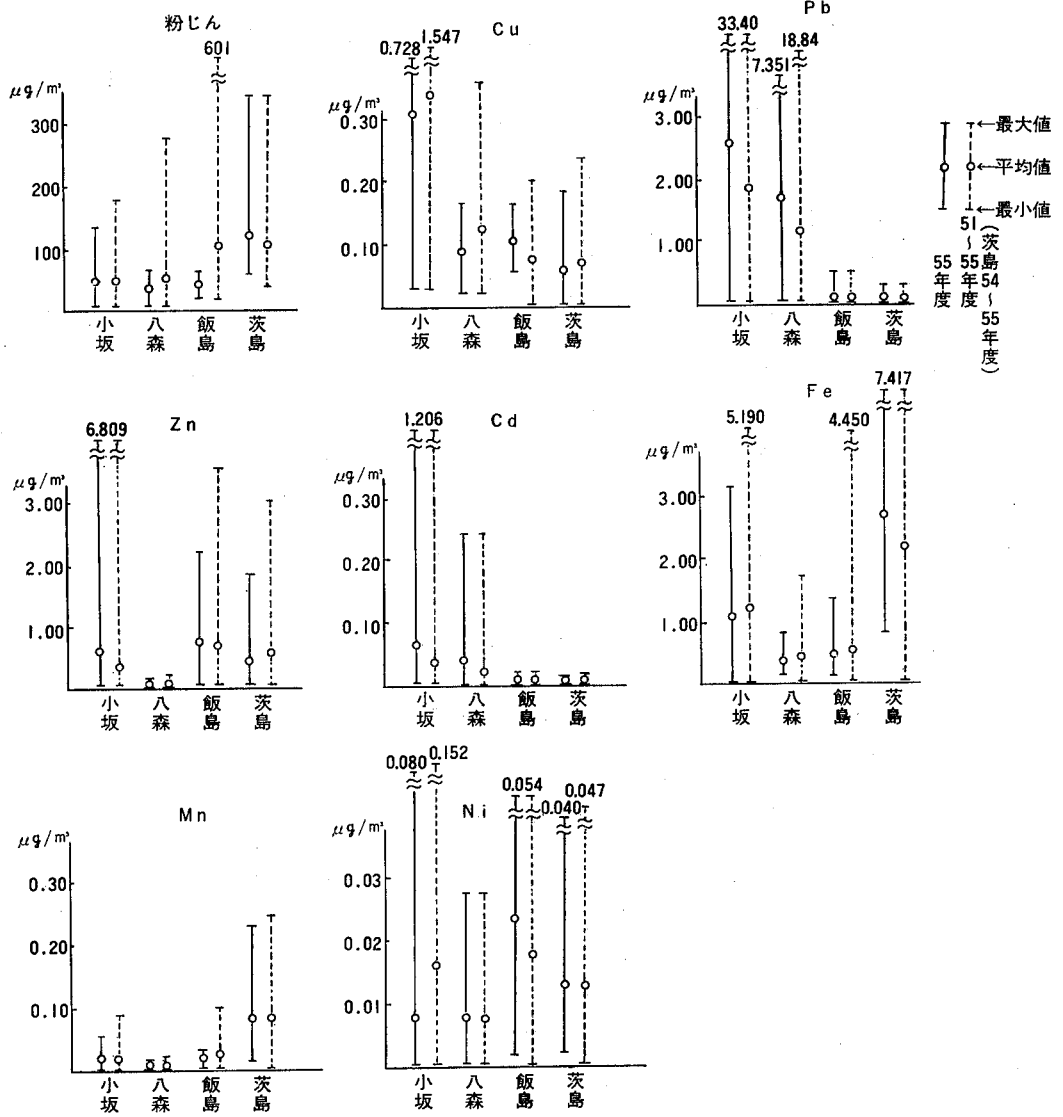
5 ま と め

地区間の比較については製錬所周辺の地形、調査地点の状況、調査時期さらには期間中の気象、黄砂等の特異現象など多くの要因により調査結果が大きく左右されることとなり、単純に数値の大小のみで地区の環境評価はできないが、概括的な地区の特徴としては以下の点に要約できる。

なお図一6は地区間の成分別相対濃度を比較したものである。

- 1) 茨島地区以外の3地区については製錬所を中心とした濃度の距離減衰がみられ、いずれも隣接地に対する影響が推察される。

- 2) 各地区とも製錬内容に係わりあいをもつ特定成分が周辺環境で高い値を示している。
- ・小坂地区は鉱山地帯という特殊性から全般的にバックグラウンド値が高い傾向にあり、PbをはじめCu、Cd濃度が高く、経年的に漸増の傾向がみられる。
 - ・八森地区はPb濃度が高く、小坂地区と同様Cu、Pb、Zn、Cdに漸増傾向がみられ、今後の環境監視にあたり十分留意する必要がある。
 - ・秋田市飯島、茨島の両地区は小坂、八森地区に比べZn濃度が高い傾向にあり、またZnを含むPb、Cdの3成分については秋田市街地の中心地に比較し約2～4倍高い濃度レベルにある。
- 3) 今後の調査実施にあたっては環境調査とあわせ土壌成分の寄与割合等を明確にする意味から調査地点及び周辺の土壌成分測定についても検討を加える必要があると考える。



图一6 製鍊所周辺地区成分別濃度比較

秋田臨海地区における二酸化硫黄植物影響について

吉田 昇 井島 辰也 片岡 実
 小玉 幹生 進藤 政勝¹⁾ 真壁江田男¹⁾
 富樫 浩二²⁾

1 はじめに

秋田臨海地区の二酸化硫黄植物影響調査は二酸化硫黄による植物影響を考察する目的で昭和53年度から同地区の代表植物であるクロマツ、ケヤキ等について葉中及び土壌中の硫黄含有量測定を実施してきたものであるが、これまでの調査では他地区での調査にみられるような葉中硫黄含有量と大気中の二酸化硫黄濃度との間には有意な相関関係をみいだすことができなかった。

このため、55年度はこれまでの葉中硫黄含有量のみから大気汚染の植物影響をさぐるという考え方を改め、葉体の生理活性等植物生長との関連でその影響をとらえることとし、これまでの葉中硫黄含有量に加え新たに窒素、磷等の土壌成分及び葉の呼吸量、クロロフィル量について調査を行ったのでその結果を報告する。

2 調査方法

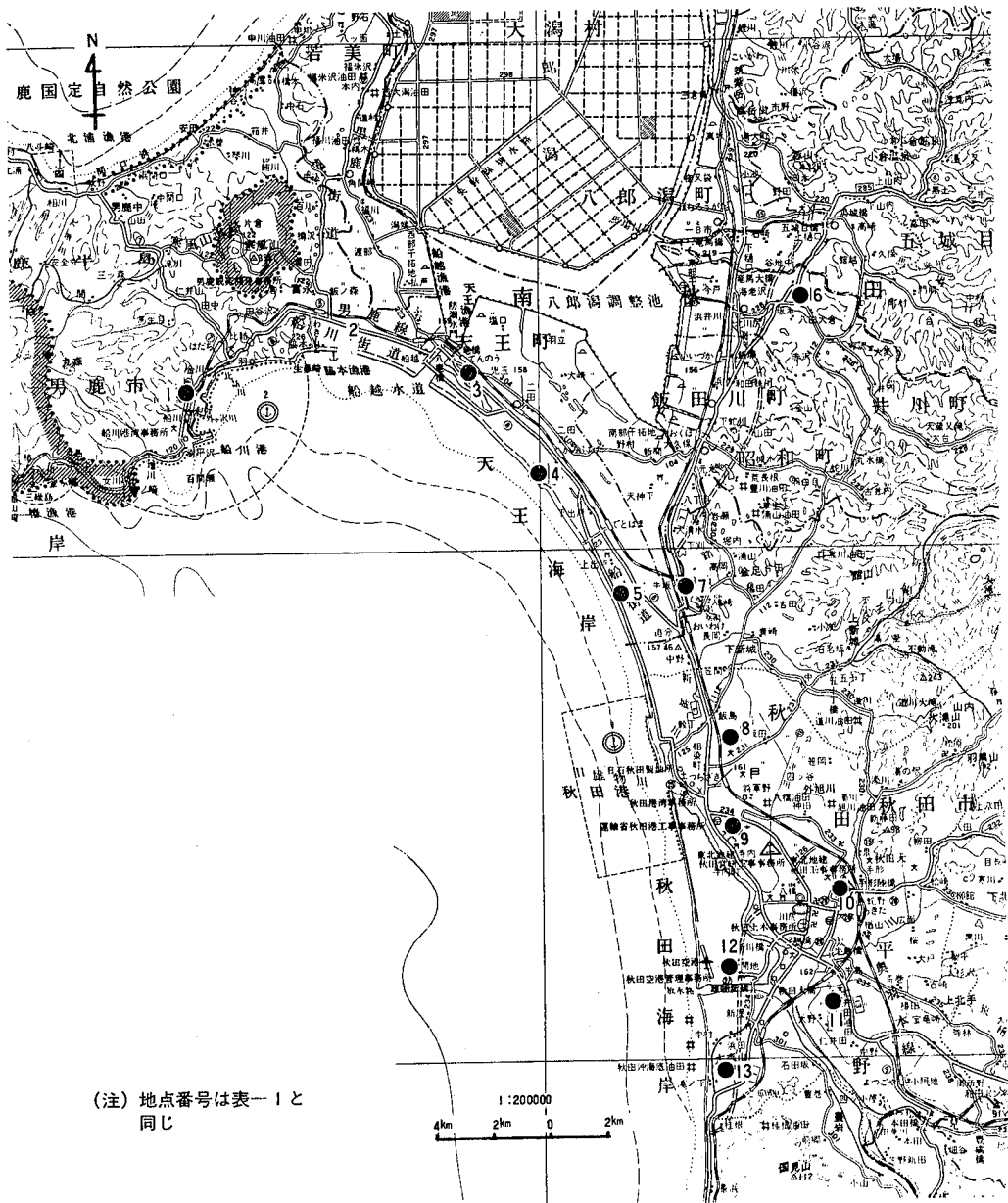
(1) 調査地点及び対象木

本年度調査では秋田臨海地区の対象として秋田市街地区に6調査地点を選定したほか、マツの調査地点及び調査木について全面的な見直しを行い、表-1のとおり13地点のマツ、ケヤキ34標本木について調査を実施した。

表-1 調査地点及び対象樹木一覧

調査区分	No.	調査地点名	対象樹木			標本木数
			クロマツ	アカマツ	ケヤキ	
秋田臨海地区	1	男鹿市金川			○	1
	2	" 脇本	○			5
	3	天王町八坂			○	1
	4	" 上二田	○			5
	5	" 追分西	○			5
	6	五城目町上樋山		○	○	5(ケヤキ1)
	7	秋田市男瀧北		○		5
秋田市街地区	8	秋田市飯島	○			1
	9	" 將軍野	○			1
	10	" 中通	○			1
	11	" 仁井田	○			1
	12	" 割山	○			1
	13	" 新屋	○			1

1) 現在秋田県環境保全課 2) 現在秋田県横手保健所



図一1 調査地点

なお秋田臨海地区のマツの調査地点等については従来の無作為抽出による単木調査を改め、人為的な影響が比較的少ない個体群を対象とし、その分布規模、地形条件及び樹木生育条件の類似性等を考慮し臨海部に3地点、内陸部に2地点を選定し、さらに各調査地点の個体群について樹高、胸高直径等の標本木概略選定調査及び毎木調査(表-2のとおり)を実施し、最終的に樹姿、分散等を考慮し5本の平均的な標本木を抽出した。

表-2 秋田臨海地区のマツ毎木調査結果 (cm)

植種	調査地点	樹高		胸高直径	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
クロマツ	男鹿市脇本	1,041	89	12.9	0.8
	天王町上二田	1,059	76	13.2	1.2
	" 追分西	1,046	141	13.7	2.1
アカマツ	五城目町上樋山	1,116	108	13.4	1.7
	秋田市男潟北	1,070	98	13.0	1.2

(注) 胸高直径の平均値は東西及び南北方向の平均値である。

(2) 試料採取方法

土壌及び葉体の採取は55年10月上旬に表-3に示す方法によりそれぞれ実施した。

表-3 土壌及び葉体の採取方法

区分	採取方法
土壌	各調査区の土壌断面調査結果に基づく吸収根分布状況から垂直方向に3点を設定し土壌を採取 (注) 水分(PF)測定用土壌は100ccコアによる。
葉体	マツ 各標本木について樹木頂部から3, 4段目の枝より東西南北4方位の葉を2年葉を含め採取
	ケヤキ 代表木1本について東西南北4方位の正常葉を採取

(3) 分析方法

各項目別の分析方法は表一4のとおりである。

表一4 項目別分析方法

区分	分析項目	分析試料	分析方法	
土 壤	水素イオン濃度 (PH)	3層 (2mmふるい試料)	ガラス電極法	
	水分 (PF)	3層 (100ccコア)	PF 1.5:土柱法 PF 2.7~4.2:遠心法	
	養 分	可給態リン酸 (P ₂ O ₅)	3層 (2mmふるい試料)	フッ化アンモニウム 一塩酸抽出法
		置換性石灰 (CaO)		酢酸アンモニウム浸出法
		置換性加里 (K ₂ O)		
	全窒素 (N)	3層 (0.5mmふるい試料)	セミ・マイクロケルダール法	
重金属 (Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Ni, Fe)	過塩素酸分解法			
葉 体 (マツ 1,2年葉 ケヤキ)	呼 吸 量	4方位混合	密閉吸収法 (KOH吸収法)	
	クロロフィル量 (a, b)	4方位別	アセトン抽出比色法	
	硫黄含有量 (全硫黄, 水溶性硫黄)	4方位別 (但しアカマツは混合試料)	硫酸バリウム重量法	

(注) 土壌分析は「土壌環境基礎調査における土壌、水質及び作物体分析法」(農林水産省農蚕園芸局農産課編)による。

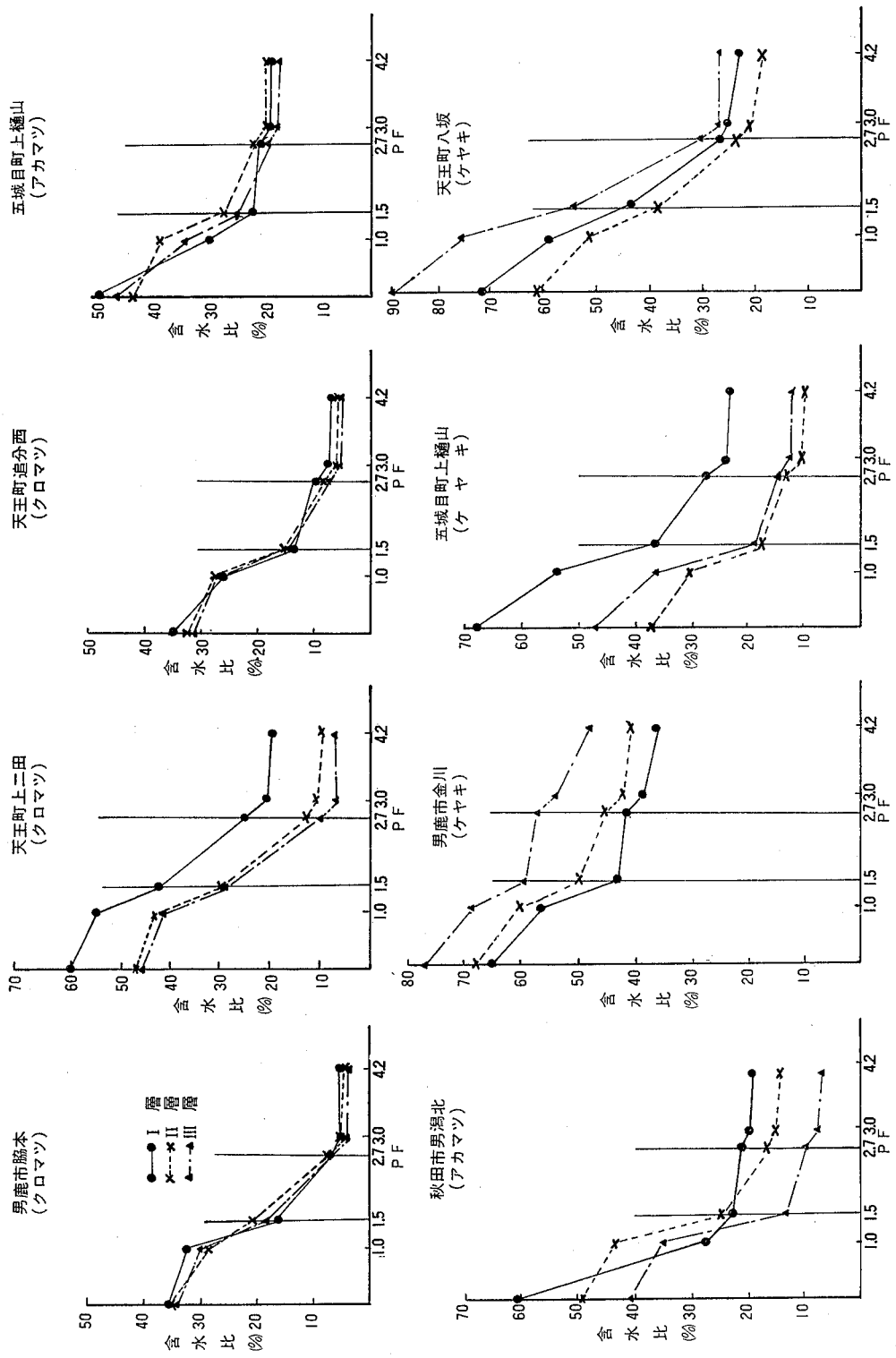
3 調査結果及び考察

(1) 土壌成分

秋田臨海地区の土壌については昨年度まで葉中の硫黄含有量との相関関係をみるため、PHと土壌中の水溶性硫黄含有量の2項目について調査を行ってきたが、両者の間には特に有意な相関関係をみいだすことはできなかった。

このため、今年度は植物生長との関連でPHのほか新たにPF(保水性)及び土壌養分としてチッソ、リン、カリ、カルシウムの4成分を、また障害性の面からカドミウム、鉛等7成分の重金属類についてそれぞれ分析を実施した。

表一5は調査地点別の採取土壌の形態を表わしたもので、図一2はPFの分布曲線を、また図一3はPH、養分、重金属成分について地点別層別分析結果をそれぞれ表わしたものである。



図一2 P F 分布曲線

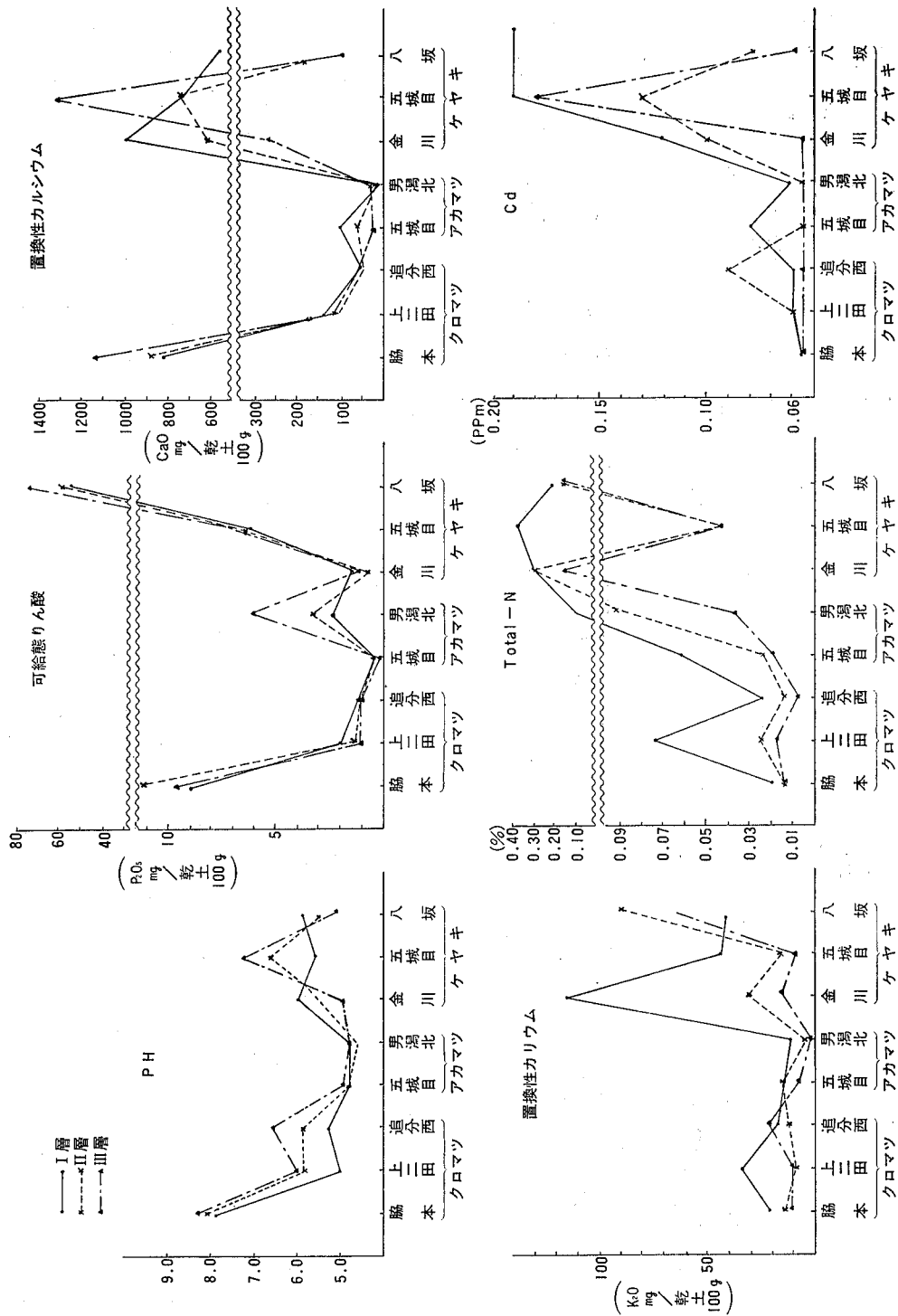
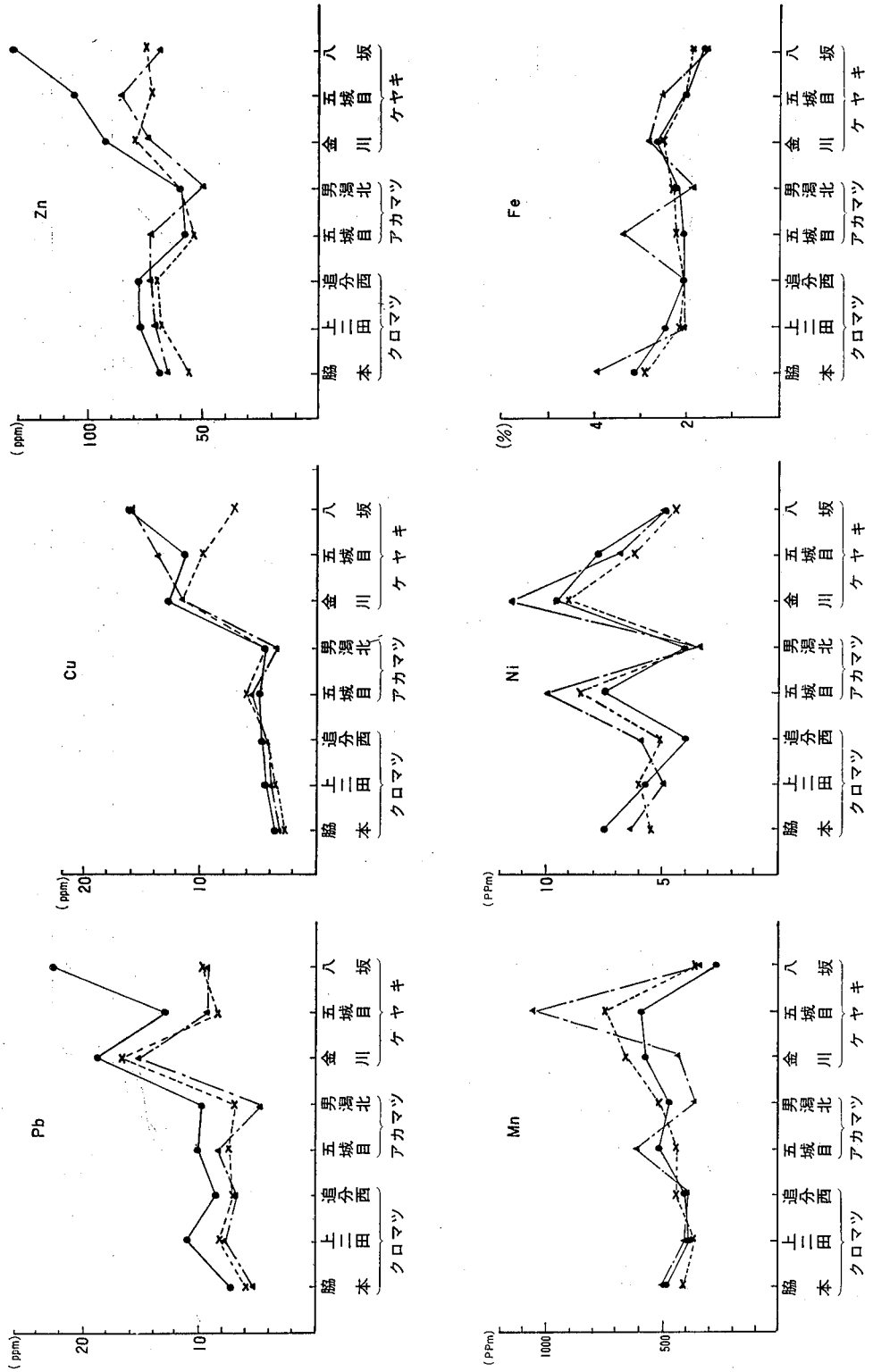


図-3の1 土壌のPH、養分、重金属状況



図一3の2

表一5 採取土壌の形態

植種	調査地点	土性	土色	石礫	真比重
クロマツ	男鹿市脇本	S	黒暗褐色	なし	2.62~2.75
	天王町上二田	S L・S	黒褐色	なし	2.62~2.74
	天王町追分西	S L・S	黄褐色	なし	2.69~2.74
アカマツ	五城目町上樋山	S L	褐色	小一含	2.62~2.75
	秋田市男潟北	S L・S	黒褐色	なし	2.65~2.75
ケヤキ	男鹿市金川	S L	褐色	なし	2.61~2.67
	五城目町上樋山	S	黄褐色	含	2.74~2.80
	天王町八坂	S L	黒褐色	なし	2.62~2.66

(注) Sは砂土、S Lは砂壤土を表わす。

① PH

全調査地点のPH値域は4.7~8.3で地点及び層位によりかなりの差がみられる。

3層平均ではクロマツ調査区の男鹿市脇本が最高で8.1(7.9~8.3)の弱アルカリをしめしているが、その他の地点はいずれも5.0~6.0前後の弱酸性土壌で、なかでも内陸部のアカマツ林の2調査区がいずれも4.8と最も低い値となっている。

層位間の傾向としてはアカマツ林の2調査区では層位間にほとんど差がみられないが、ケヤキの男鹿市金川及び天王町八坂の両地区では上層ほど、他はいずれも下層ほどPH値が高くなっている。

② PF

土壌中の水分は土壌の水分保持力の面から一般に重力水(自由水)、毛管水、吸湿水及び化合水(結合水)に区分されるが、これらは土壌粒子から栄養を溶出させ植物に供給する意味で重要な役割をはたしており、各調査地点における代表土壌の水分保持特性(保水性)を知ることは植物生長との関連性を知るうえで有効な手段となる。

図一2は各調査地点の層位別のPF分布曲線であるが、植物が容易に吸収利用できるいわゆる有効水量の範囲であるPF 1.5~2.7間の勾配からみてクロマツ林区の男鹿市脇本、天王町上二田及びケヤキの天王町八坂の土壌が他地点に比較し良質であるといえる。

③ 養分

N、P等の土壌養分については各調査地点の成分間含有量に必ずしも一定の傾向は認められないが、4成分ともケヤキの3地点が他の地点に比べ高く、またクロマツ林の男鹿市脇本ではP、Caが、アカマツ林の秋田市男潟北ではP、Nがそれぞれ高い値をしめしており、養分の豊否からみてこれらの地点は良好な土壌であるといえる。

④ 重金属成分

重金属成分のうちCd、Pb、Cu、Znの4成分については五城目町上樋山地点を除くとい

れも表層の濃度が最も高く、地点間の濃度レベルに類似性がみられる。

またMn、Ni、Feについては層位間に共通点はみられないが、地点間の濃度レベルについては前4成分と同様の傾向がみられる。

地点間の3層平均の比較では養分と同様、Fe成分を除くとケヤキの3調査地点が他の地点より高い傾向にあるが、マツについては各成分とも地点間の濃度に大差はなく、P、Ca、Nにみられるような顕著な特徴はない。

土壌中の重金属成分のうちCu、Zn、Mn、FeなどはN、P等の養分と同様、葉緑素の生成、アミノ酸合成などの光合成作用さらには酸化還元反応に関与するなど植物生長の面で重要な役割をはたしているが、ある濃度以上になると逆に植物生長を阻害する要因となる。

自然状態における一般土壌中の重金属成分の含有率は地殻中の濃度（一般にCd 0.5ppm、Pb 15ppm、Zn 40ppm、Mn 900ppm、Fe 4.7%程度と言われている）に近い値を示すといわれているが、これらの値に比べ今回の調査結果ではZnを除くといずれの元素も低い含有レベルとなっている。

(2) 葉体

本年度の葉体調査は方位によるちがいをみるため東西南北4方向から正常葉を採取し、昨年度までの葉中硫黄含有量(全硫黄、水溶性硫黄)に加え新たに呼吸量及びクロロフィル量(a、b)について分析を行った。

項目別の調査結果は以下のとおりである。

① 硫黄含有量

図-4は地区別の調査地点別葉中硫黄含有量を葉令、方位別に比較したものである。

秋田臨海地区のマツ調査木については5標本木の全平均で1、2年葉ともアカマツ林の2調査区がクロマツ林の3調査区を上回っている。

アカマツとクロマツの硫黄含有量については他の既知資料でも同様の傾向がみられるが、これはアカマツのSO₂に対する抵抗性のちがいなどから考え、葉の内部組織に係るSO₂吸収能のちがいによるものと考えられる。

クロマツの3調査地点については5標本木の平均で男鹿市脇本が1、2年葉の全、水溶性硫黄とも他の2地点より高い値をしめしている。

また標本木間の比較では各調査地点とも葉令、方位により多少の差はみられるが、同一調査区内では標本木間の平均含有レベルはおおむね一定とみなすことができる。

一方、秋田市街地区のクロマツ単木については秋田市北部の飯島地区が他地区より低いが全地点平均では秋田臨海地区のそれに比べ1、2年葉の全、水溶性硫黄ともやや高い傾向にある。

ケヤキについては3地点の平均で秋田市街地区のクロマツ1年葉と同程度の含有レベルにある。

各調査地点の平均水溶率(水溶性硫黄の全硫黄に対する割合)はおおむね60~70%で、マ

ツについては秋田市新屋地区等の一部を除くと1年葉より2年葉が高くなっている。

表一6は53年度からの葉中硫黄含有量の推移を表わしたものであるが、数値をみるかぎりでは各地点とも漸増傾向がみられ、特に54年度から55年度に至る増加が顕著である。

この点については、環境のSO₂濃度がここ数年ほぼ横ばい状態で推移していること、またこれまでの調査では大気中のSO₂濃度と葉中硫黄含有量との間には有意な相関関係が認められないこと、さらには、今年度の調査内容が前述のとおり調査地点、標本木等の見直しを行ったことから過去2カ年の調査結果と同一レベルで比較検討できないことなどから、濃度の増加傾向が同地区のSO₂等の環境質の変化に係わりあいがあるものとは考えがたく、この点については今後の調査結果ともあわせさらに検討を加える必要があると考える。

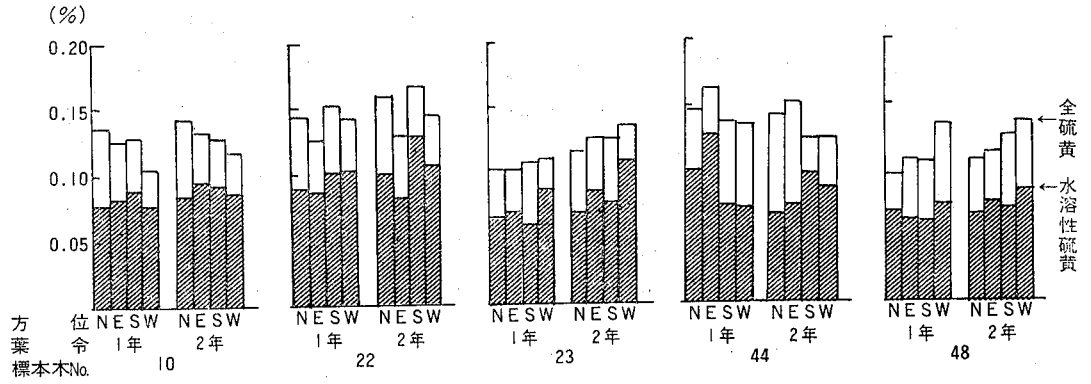
表一6 葉中硫黄含有量の推移

植種	調査地点	1. 2 年葉 区分	53年10月		54年7月		54年10月		55年10月	
			全S	水溶性S	全S	水溶性S	全S	水溶性S	全S	水溶性S
ク ロ マ ツ	男鹿市脇本	1年			0.077	0.040(52)	0.085	0.038(45)	0.125	0.081(65)
		2年	0.079	0.043(54)	0.085	0.043(51)	0.115	0.060(52)	0.133	0.086(65)
	天王町上二田 (天王町下浜山)	1年			0.076	0.038(40)	0.092	0.052(58)	0.104	0.067(64)
		2年	0.049	0.018(37)	0.095	0.026(34)	0.092	0.044(48)	0.096	0.067(69)
	天王町追分西 (天王町出戸新)	1年			0.074	0.038(51)	0.083	0.054(65)	0.098	0.060(61)
		2年			0.096	0.050(52)	0.100	0.063(63)	0.109	0.074(69)
秋田市中通	1年			0.126	0.043(34)	0.104	0.056(54)	0.131	0.089(68)	
	2年	0.069	0.036(52)	0.131	0.048(37)	0.105	0.056(53)	0.109	0.074(68)	
秋田市仁井田	1年			0.122	0.066(54)	0.108	0.033(31)	0.141	0.104(74)	
	2年	0.080	0.042(53)	0.116	0.067(58)	0.111	0.059(53)	0.150	0.110(73)	
アカマツ	五城目町上樋山	1年			0.088	0.041(47)	0.080	0.055(68)	0.172	0.128(74)
		2年			0.100	0.058(58)	0.093	0.068(73)	0.139	0.103(74)
ケヤキ	五城目町上樋山	—	0.062	0.032(52)	0.093	0.043(46)	0.090	0.038(42)	0.103	0.061(59)
	天王町八坂	—	0.113	0.045(40)	0.145	0.042(29)	0.058	0.048(83)	0.162	0.091(56)

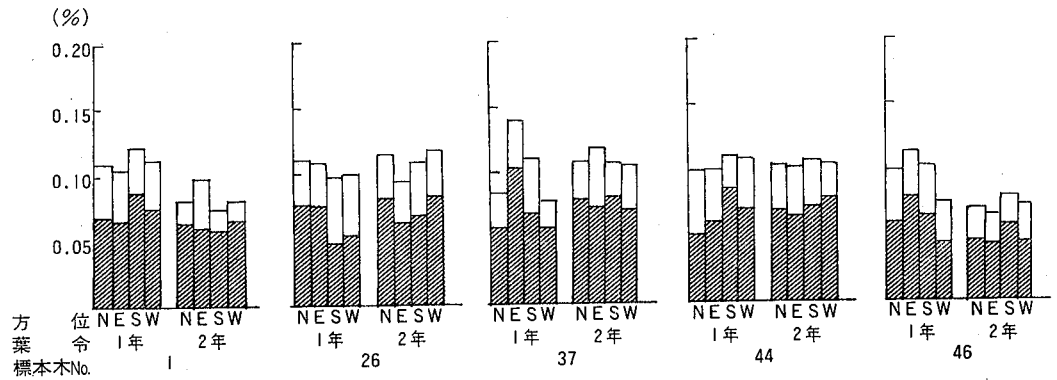
(注) 調査地点欄の()内は昨年度までの対応地点を、また水溶性S欄の()内は水溶率を表わす。

1 秋田臨海地区

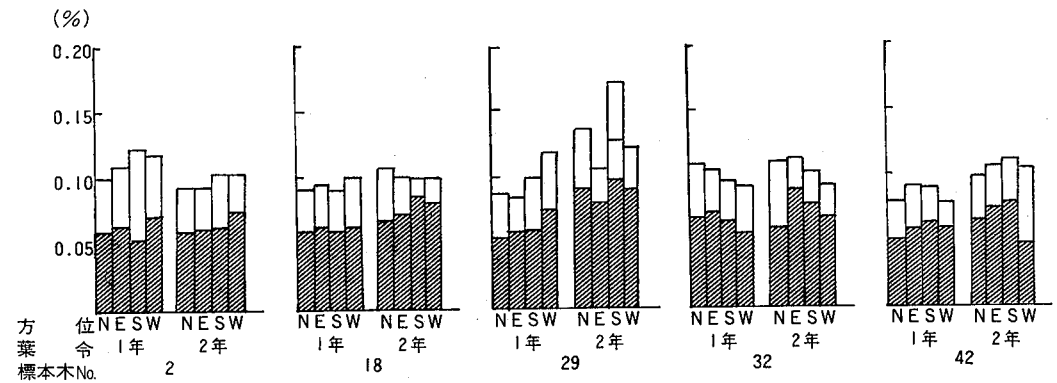
男鹿市脇本(クロマツ)



天王町上二田(クロマツ)



天王町追分西(クロマツ)



図一4の1 調査地区別葉中硫黄含有量(葉令、方位別比較)

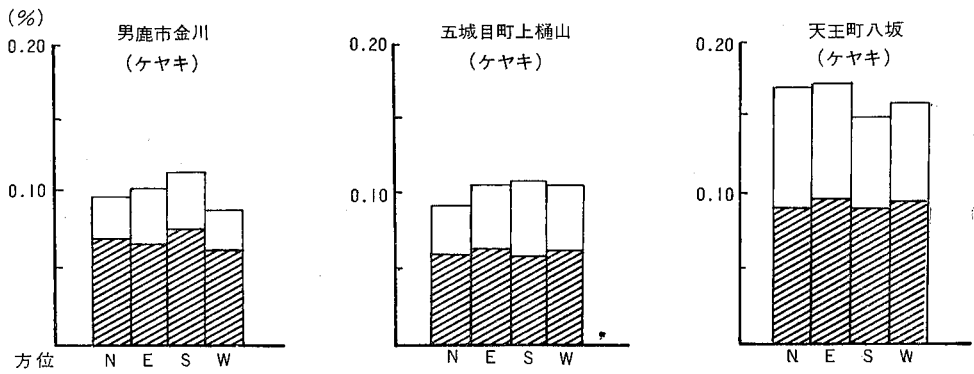
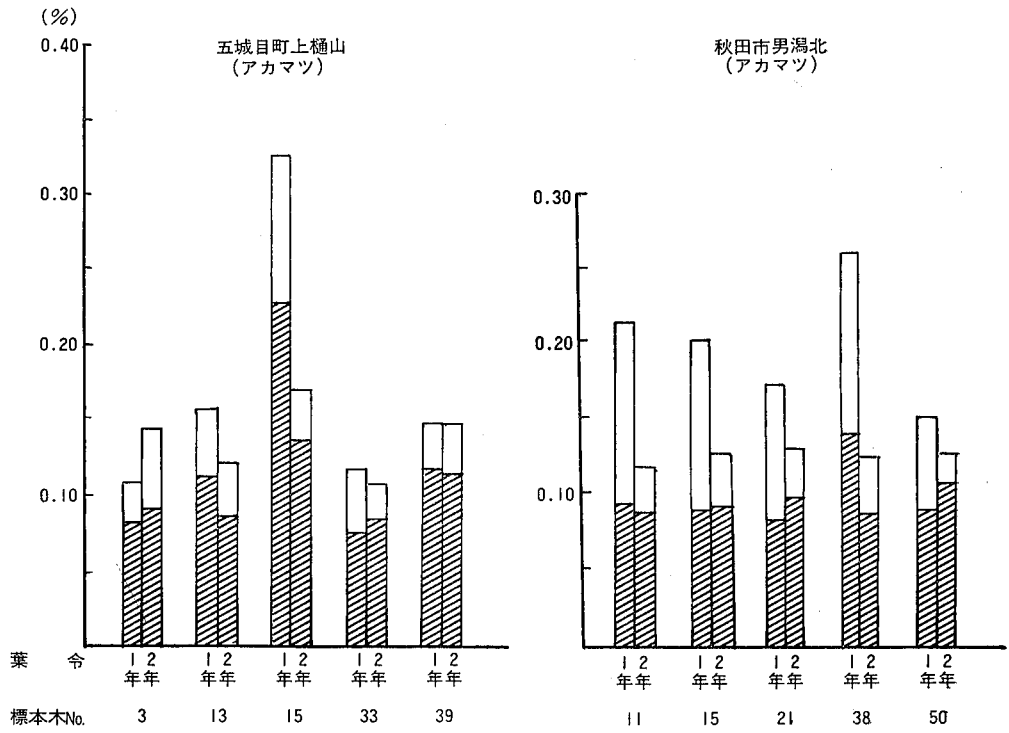


図-4の2

2 秋田市街地区

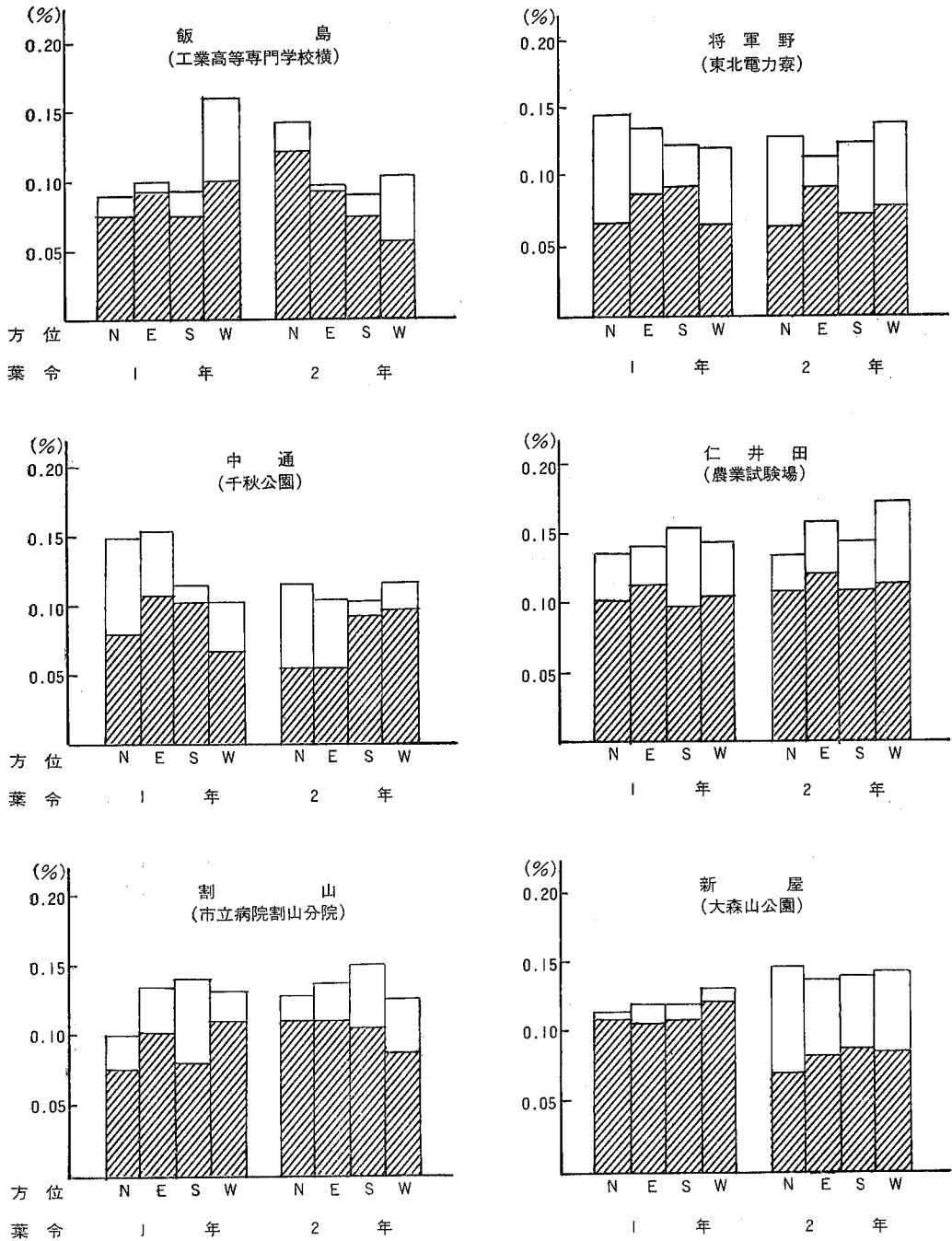


図-4の3

② 呼吸量

葉の呼吸量 (CO₂量) 測定は採取した4方位の混合葉について簡便な密閉アルカリ吸収法により実施したが、秋田臨海地区のマツ調査木については硫黄含有量と同様、1年葉でアカマツ林調査区が2地点平均0.53mg CO₂/生葉g(同2年葉0.50mg)とクロマツ林調査区3地点平均0.51mg(同2年葉0.47mg)をわずかに上回っている。

また秋田市街地のクロマツ単木については6地点の全平均で1年葉0.43mg、2年葉0.37mgで、1、2年葉とも秋田臨海地区のクロマツ林区に比べ低い。

葉令別の比較では前述のとおりいずれも1年葉が2年葉より高い値をしめしている。

ケヤキについては男鹿市金川が0.74mgと他の2地点より高く、3地点の平均では0.69mgとマツに比較し約3割程度高くなっている。

③ クロロフィル量

クロロフィル量(a及びb)は秋田臨海地区の各調査木の方位別採取葉についてアセトンによる色素抽出を行い、吸光度測定後クロロフィル定量式により算出した。

マツについては各調査地点とも標本木及び方位によりクロロフィル量に多少のちがいはみられるが、平均的には1、2年葉の各クロロフィルa、b量はクロマツ林及びアカマツ林の調査地点間の値は近似している。

クロロフィルaについてみると全平均でクロマツ1年葉0.57mg、2年葉0.80mg、アカマツ1年葉0.79mg、2年葉0.98mgと呼吸量同様アカマツ林区がクロマツ林区より高く、葉令別では両区とも2年葉が1年葉より高くなっており、クロロフィルbについても同じことがいえる。

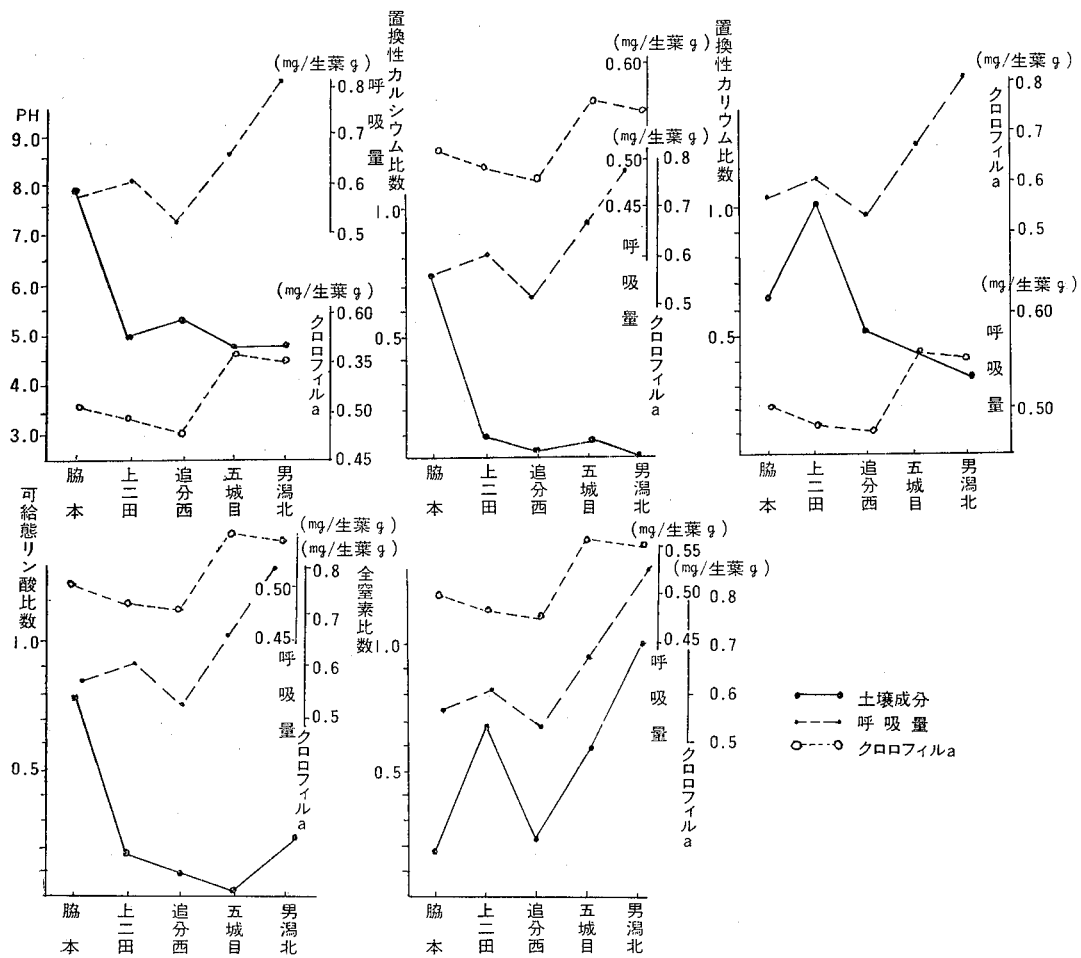
また方位別のクロロフィル量については各調査区の5標本木間の傾向は一定しておらず、今回の調査では特徴的な点はみとめられない。

(3) 項目間の関係

① 土壌成分とマツの生理活性

図-5は秋田臨海地区のマツ1年葉についてマツの生理活性を呼吸量及びクロロフィルa量で代表させ、これらと各調査地点の標本木の呼吸根が最も多く分布している表層土壌のPH及び養分との関係をしめしたものである。

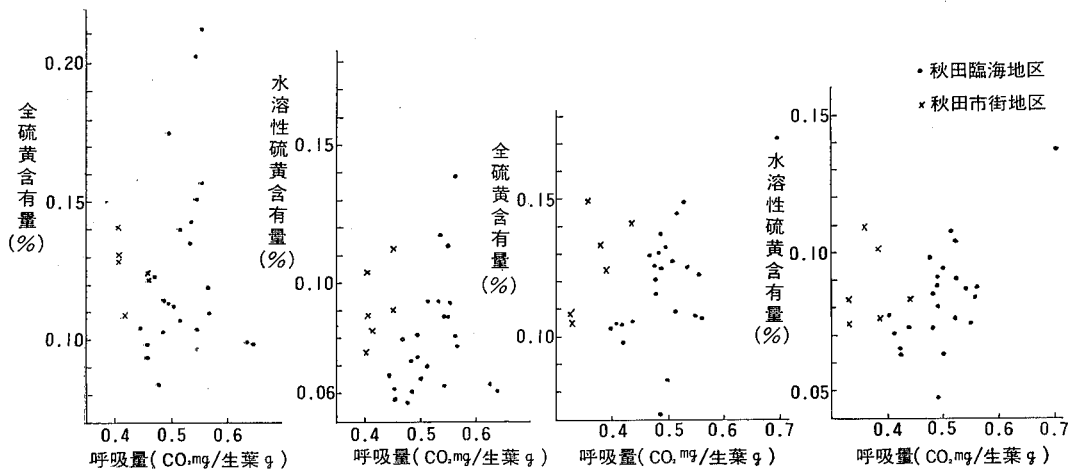
PH、Ca、K及びPについては地点間の増減傾向に関連性はみられないが、全N量とクロロフィルa量との間には類似する傾向が認められる。しかし、この点については試料数が少なく、また単年度のみの調査結果であることから両者に相互関係があるとは直ちに推論することはできない。



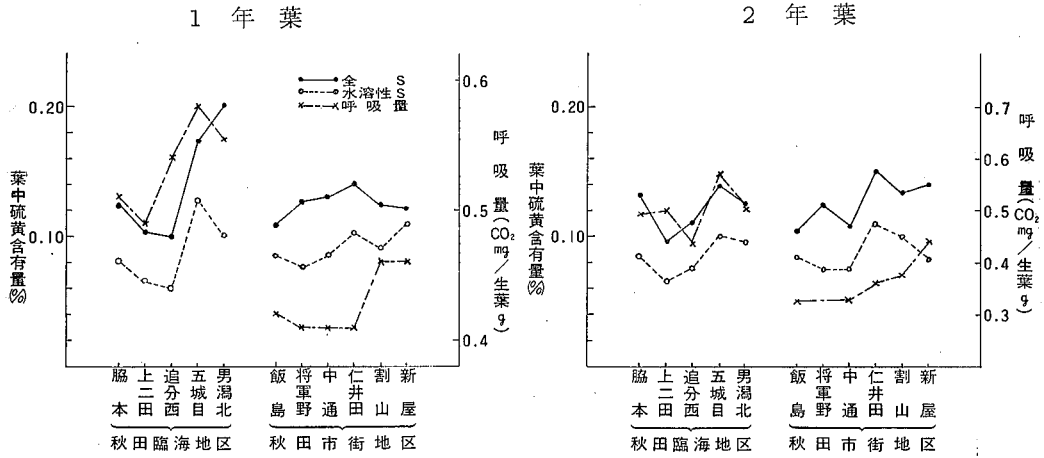
図一五 土壤成分とマツの生理活性

1 年 葉

2 年 葉



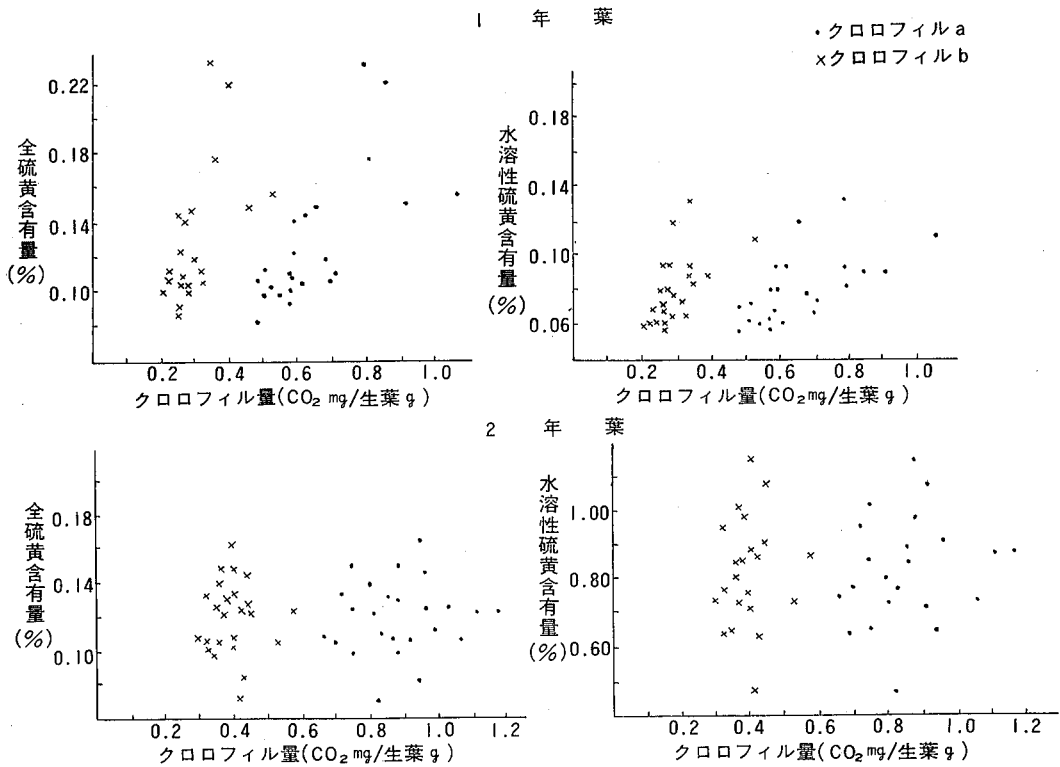
図一六 葉令別葉中硫黄含有量と呼吸量の相関関係



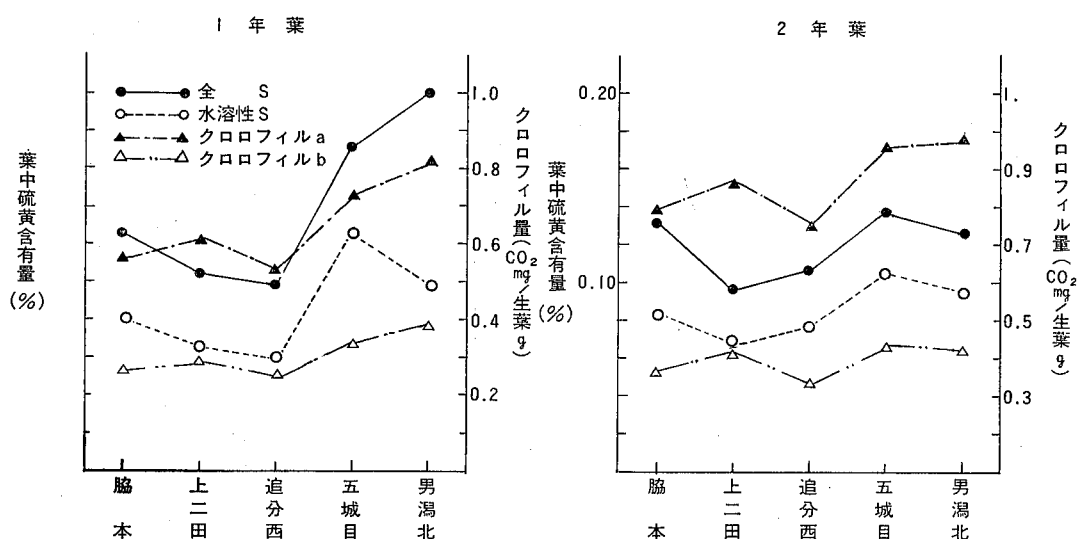
図一七 葉令、地区別葉中硫黄含有量と呼吸量の比較

表一七 呼吸量と硫黄含有量の相関係数(秋田臨海地区：マツ)

区 分	1 年 葉		2 年 葉	
	全 S	水溶性 S	全 S	水溶性 S
呼吸量	0.57	0.60	0.67	0.77



図一八 葉令、地区別葉中硫黄含有量とクロロフィル量の比較



図一 9 葉令別葉中硫黄含有量とクロロフィル量の相関関係

表一 8 クロロフィル量と硫黄含有量の相関係数(秋田臨海地区: マツ)

区 分		1 年 葉		2 年 葉	
		全 S	水溶性 S	全 S	水溶性 S
クロロフィル	a	0.69	0.65	0.14	0.26
	b	0.64	0.56	0.02	0.10

② 葉中硫黄含有量と生理活性

図一 6～9 及び表一 7、8 はマツについての葉令別、地点別の葉中硫黄含有量と呼吸量、クロロフィル量との相関関係及び相関係数を求めたもので、呼吸量については 1、2 年葉とまたクロロフィル量については 1 年葉とそれぞれ全、水溶性硫黄含有量間に正の相関が認められる。

呼吸量及びクロロフィル量と葉中硫黄含有量との間にこのような正の相関関係が認められる点については、秋田臨海地区のような大気中の SO₂ 濃度が比較的低い地域においては硫黄分による影響そのものが閾値下の状態にあり、生理活性が葉の SO₂ 吸収の一つの要因となり呼吸量、クロロフィル量の変化が葉の硫黄吸収に影響をおよぼすためではないかと推察されるが断定はできない。

4 ま と め

- (1) PF、養分などの土壌成分からはマツの男鹿市脇本、天王町上二田及びケヤキの天王町八坂の 3 地点の土壌が他地点に比べ植物生長の面からは良質といえるが、毎木調査等においては特

にこれら調査地点の各標本木が成長、活力等の面ですぐれているとはいいがたい。

- (2) 秋田臨海地区のマツ個体群については葉体の硫黄含有量、呼吸量及びクロロフィル量はいずれもアカマツ林調査区がクロマツ林調査区より高い傾向がみられるが、これらは葉の内部組織に係る SO_2 吸収能や光合成作用などの生理活性のちがいによるものと考えられる。

またこれらの各調査項目については同一群落内での標本木間の変動は少なく、各標本木の方位についても同じことがいえる。

- (3) クロマツについての地区間の比較では硫黄含有量については秋田市街地区が、呼吸量については秋田臨海地区がそれぞれ高い傾向にある。
- (4) 葉の生理活性の面で葉中硫黄含有量と呼吸量及びクロロフィル量との間に有意な相関関係があるほか、土壌中の全N量とクロロフィル量との間に地点間の類似傾向がみられるが、この点に関しては今後の調査結果等をふまえて更に検討を加える必要があると考える。